Tension Test

Tension Test إختبار الشد

* يستخدم لمعرفة الخواص الميكانيكية للمادة تحت تأثير أحمال الشد.

* to get the mechanical properties under applid tension loads.

— Some definitions . بعض التعريفات

(1) stress (σ) سيجما الإجهاد.

وهو القوة المبذولة على وحدة المساحة.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad P \rightarrow \text{Forc (القوة)}, \quad A \rightarrow \text{Area (المساحة)}$$

(2) strength. مقاومة المادة

وهو مقاومة المادة للكسر تحت تأثير الأحمال.

(3) strain الإنفعال (ε) إبسلون

وهو التشكل الذي يحدث للمادة تحت تأثير الأحمال.

(4) Ductility . المطولية

—X—

هي قدرة المادة على إحداث أكبر تشكل لدن قبل الكسر.

(5) Brittleness القصافة

هي قدرة المادة على الكسر قبل حدوث تشكل لدن.

(6) Elasticity المرونة

—X—

هي قدرة المادة على إستعادة أبعادها الأصلية بعد زوال الحمل.

(7) plasticity اللدونة

قدرة المادة على الإحتفاظ بجزء من التشكل اللدن بعد زوال الحمل.

*Advantage of tension test — ميزات اختبار الشد .

١- أسهل الاختبارات الميكانيكيه وأهمها .

٢- يستخدم كأساس لبيان خواص المواد المعدنية لأن لها قدرة عالية في تحمل الشد (لذلك يجرى على المواد الحديدية وغير الحديدية)

٣- يستخدم للتحكم في جودة المواد لما له من علاقة بالخواص الميكانيكيه الأخرى .

---

* Types of test specimen — أنواع عينات الاختبار

with respect to.

(1) W.r.t shape . بالنسبة للشكل

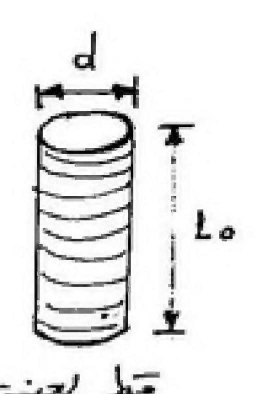
circular section — قطاع دائرى

rectangular section — قطاع مستطيل

square section — قطاع مربع

(2) W.r.t cross section.

(A) round specimen . العينات الدائرية

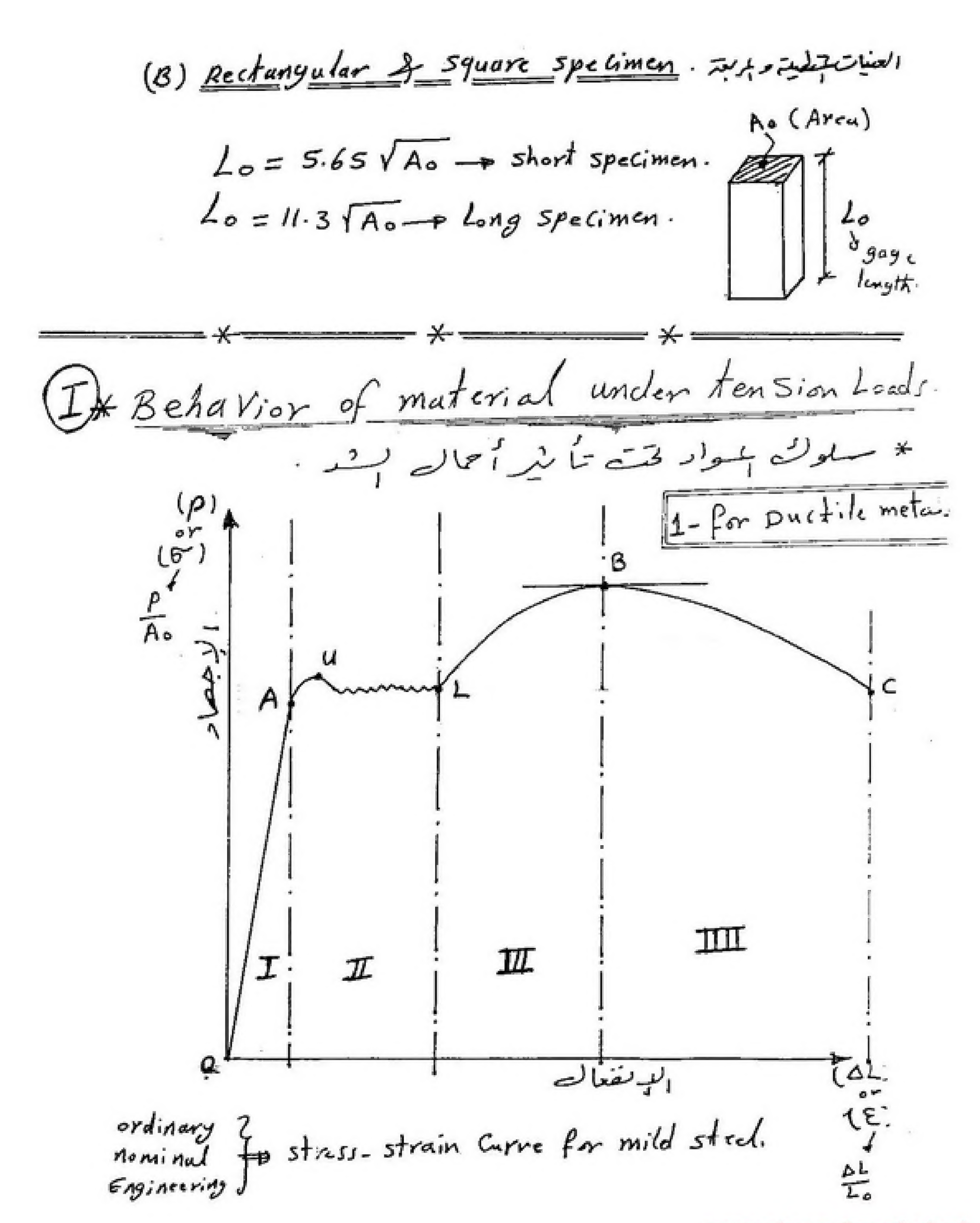


$L_o = 5d$ (for short specimen)

$L_o = 10d$ (for Long specimen)

where :- d :- diameter of specimen قطر العينة

L_o :- gage Length . طول القياس



(B) Rectangular & square specimen. العينات المستطيلة والمربعة

$L_o = 5.65\sqrt{A_o}$ → short specimen.

$L_o = 11.3\sqrt{A_o}$ → Long specimen.

(I)* Behavior of material under tension Loads.

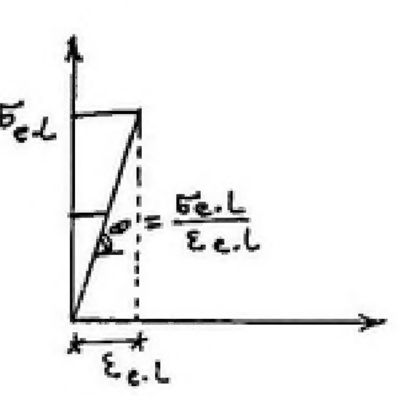
* سلوك المواد تحت تأثير أحمال الشد.

1- for Ductile metal.

ordinary / nominal / Engineering } ⇒ stress-strain curve for mild steel.

* stage (I) {elastic stage}

مرحلة المرونة.



$(O \longrightarrow A)$

* في هذه المرحلة الإجهاد يتناسب مع الإنفعال

$\sigma \propto \varepsilon \quad \therefore P \propto \Delta L$

Where L_o and A_o are constant.

الإجهادات تحت
shear stress

τ ← → τ

atoms
ذرات

* في هذه المرحلة مازالت قوى التماسك أكبر من قوة الربط بين الذرات لذلك فإن الذرات تتحرك ولكن مازال bond بينها حيث إذا تم إزالة الحمل فإن الذرات تعود لمكانها الأصلي.

Point (A) :- represent

(1) proportional limit
حد التناسب.

(2) elastic limit.
حد المرونة.

(1) proportional limit stress — إجهاد حد التناسب
$(\sigma_{e.l})$

* هو أقصى إجهاد عنده تنتهي العلاقة الطردية بين الإجهاد والإنفعال.

* The greater stress upto the relation between σ (stress) and ε (strain) is linear.

(2) elastic limit stress.

* هو أقصى إجهاد تستطيع عنده المادة أن تستعيد أبعادها الأصلية بعد زوال هذا الإجهاد.

مرحلة الخضوع

* stage(II) {yield stage}

U → upper yield point   نقطة الخضوع العليا.

* ويوجد عندها الإجهاد المطلوب لتحرير الانخلاعات. (free dislocation).

L → Lower yield point   نقطة الخضوع السفلى.

* ويوجد عندها الإجهاد المطلوب لتحريك الانخلاعات خلال الشبكة البلورية.

(move dislocation throught lattic.)

* part (A)

خلال المرحلة (A) يتم كسر ارتباط الجسيمات بالذرات مما يسبب حدوث عدم اتزان ويؤدي إلى قلة الحمل مع زيادة الاستطالة

* part (B)

خلال المرحلة (B) تتحرك الانخلاعات في اتجاهات مختلفة ويحدث تشكل كبير مع ثبات في الحمل. وتبدأ تكون شروخ على السطح في شكل مائل.

* تعتبر (Lower yield point) خاصية من خواص المادة لأنها لا تختلف باختلاف ظروف الاختبار بينما (upper yield point) تختلف باختلاف ظروف الاختبار. ولذلك تعتبر (yield point) هي Lower yield point.

* stage (III) {elastic - plastic stage} منطقة المرونة واللدونة

- strain hardening تسمى هذه المنطقة بتصلد الإنفعال.

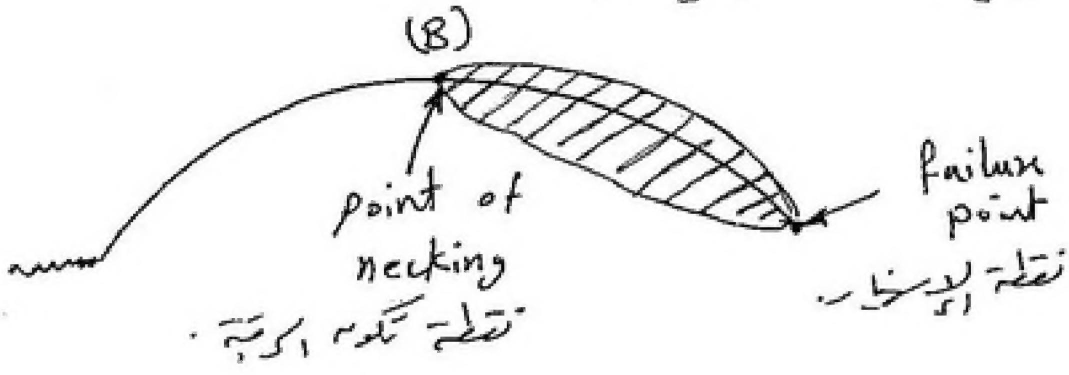
* يحدث تصادم بين الذرات مما يعوق حدوث الإنفعال (strain) وخصوصاً تصلد الإنفعال فنعود الحمل للزيادة مرة أخرى مع زيادة التشكل ولكن بنسبة أكبر من زيادة الحمل.

* at (B) necking الرقبة.

*(1) قبل هذه المرحلة (النقطة) فإن أي تناقص بالمقطع يقابله زيادة في الطول بحيث يظل الحجم ثابت.

*(2) بعد هذه النقطة فإنه يحدث إستطالة كبيرة في جزء صغير من مقطع العينة وتكون هذه المنطقة هي نقطة ضعف المعدن.

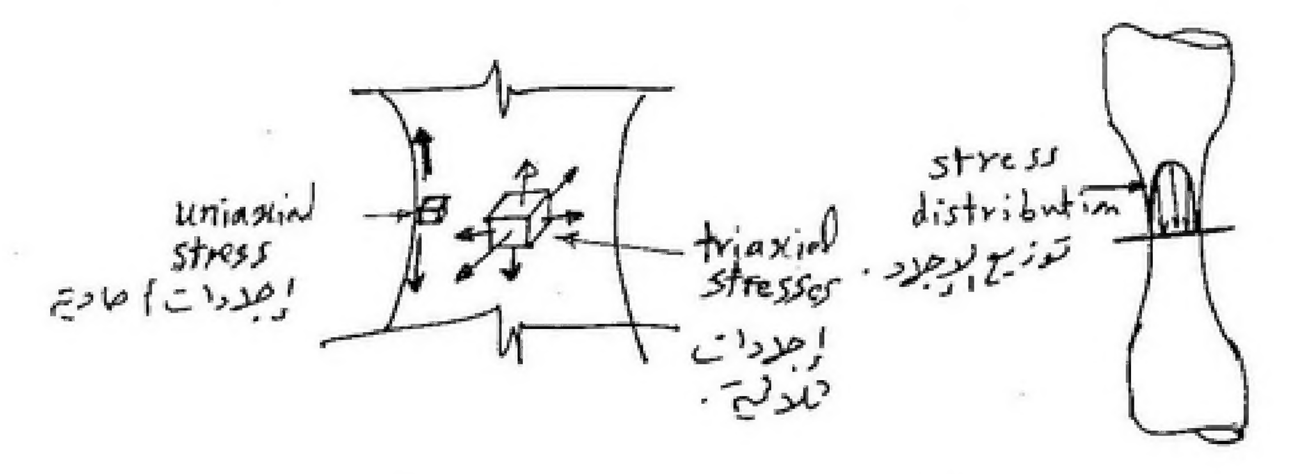
- هذا النقص الكبير في مساحة مقطع العينة لا يمكنه تحمل الأحمال الأكبر من القوة المرضاة عند النقطة (B) لذلك يقل الحمل مع زيادة الإستطالة حتى يحدث إنهيار العينة.



* failure occurs in two stages

الإنهيار يحدث خلال مرحلتين.

① separation إنفصال



* نلاحظ أن منطقة المنتصف بعد حدوث الرقبة تكون معرضة لإجهادات ثلاثية (Tri-axial stress) أما منطقة الحرف تكون معرضة فقط لإجهادات الأحادية للشد. وبالتالى عندما تصل إجهادات الشد الثلاثية إلى قيمة أكبر من مقاومة المادة يحدث الإنهيار ويكون إنفصال داخلى

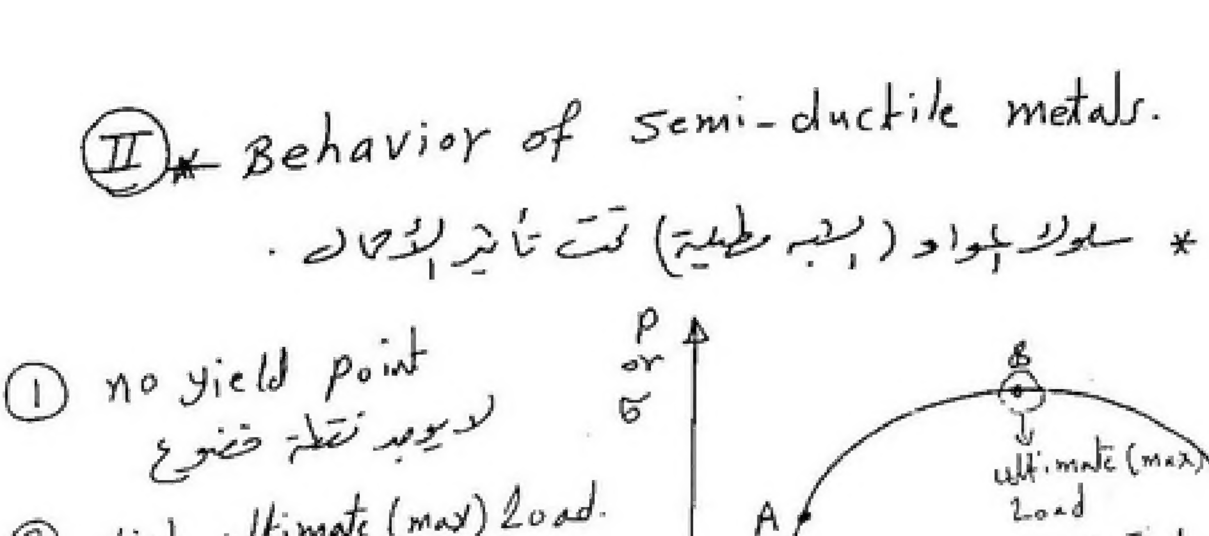
② shear failure إنهيار القص.

* تزداد إجهادات القص على الأطراف والجوانب للعينة فيحدث الإنهيار للعينة بالكامل وبالتالى يكون سبب الإنهيار هو إجهادات القص. ويسمى

Cup and Cone fracture ← إنهيار الكأس والمخروط.

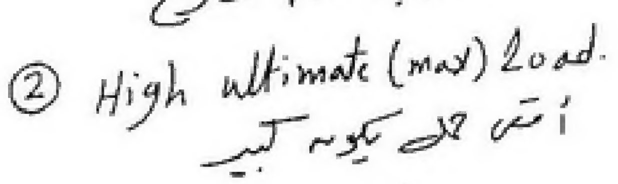
Cone. المخروط

Cup الكأس

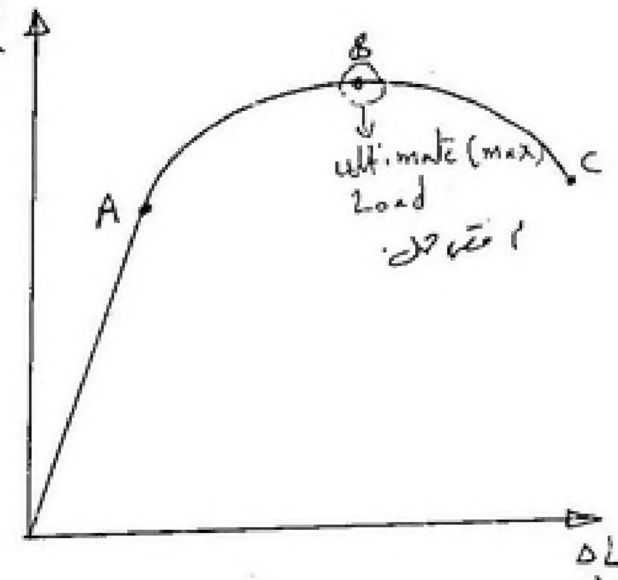


(II) * Behavior of semi-ductile metals.

* سلوك المواد (الشبه مطيلية) تحت تأثير الأحمال.

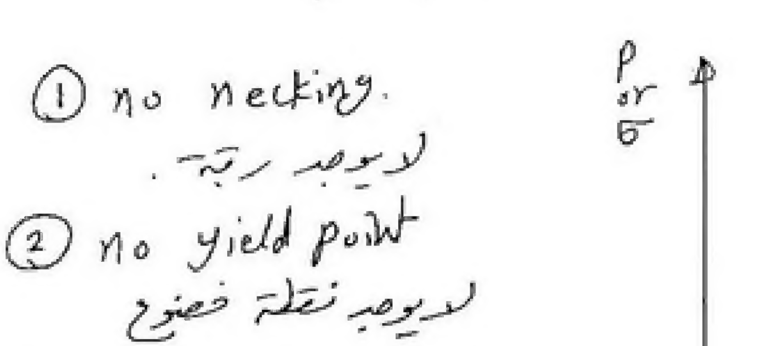


1. no yield point
   لا يوجد نقطة خضوع
2. High ultimate (max) load.
   أقصى حمل يكون كبير
3. Lower elongation.
   أقل نسبة استطالة عن المواد المطيلية.

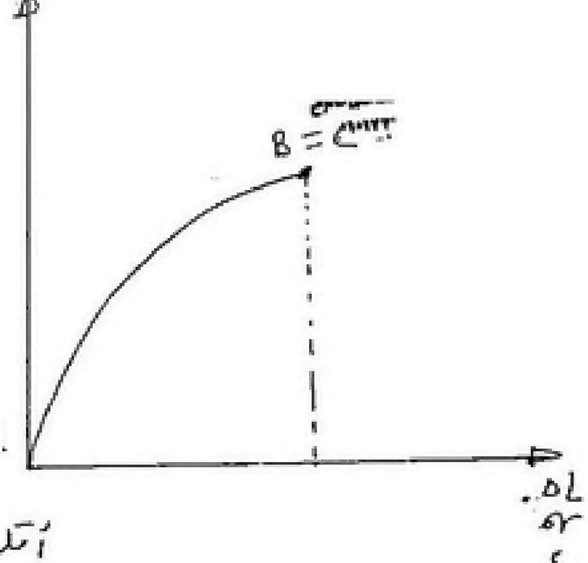


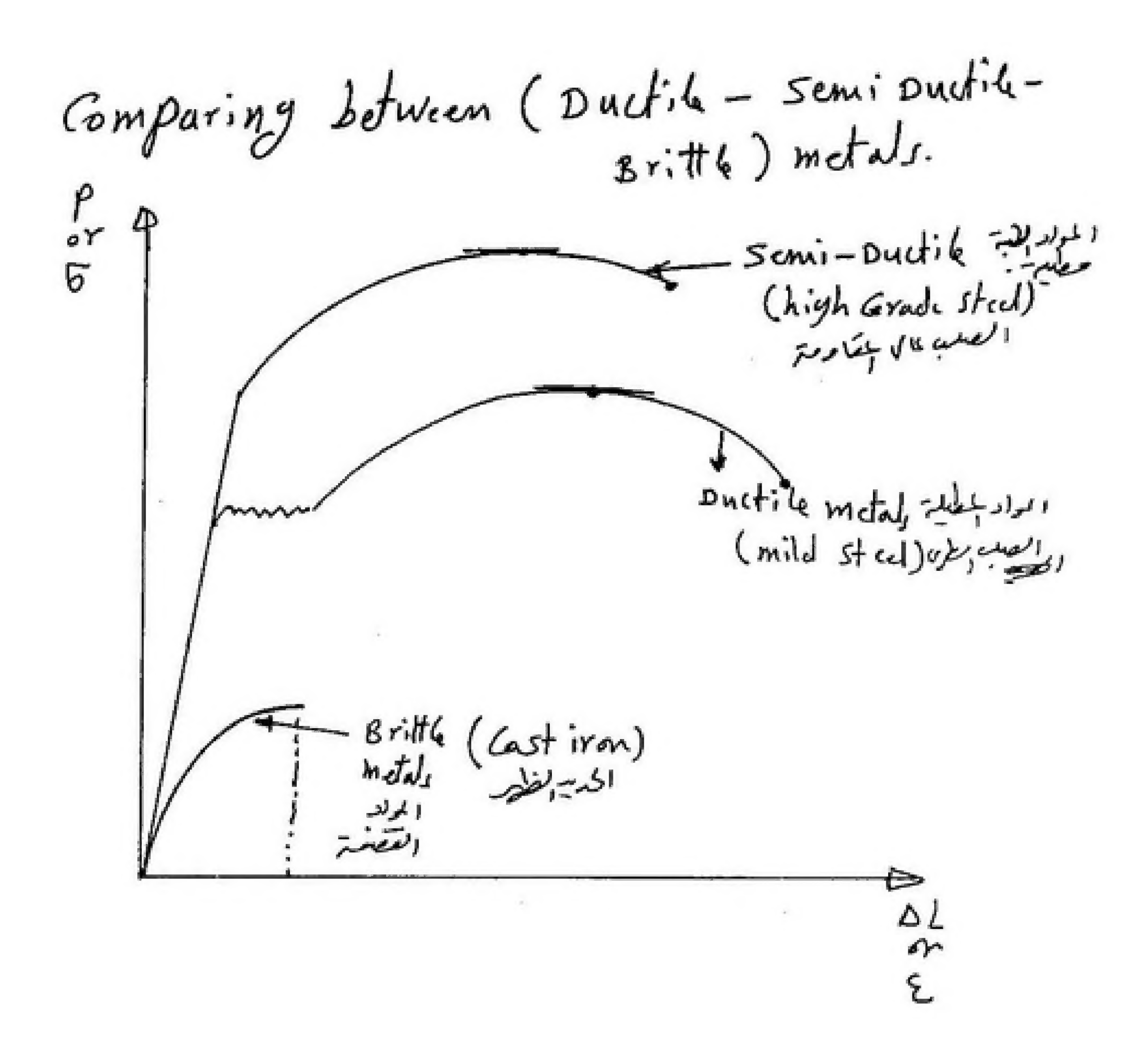
(III) * Behavior of Brittle materials.

سلوك المواد القصفة تحت تأثير الأحمال.



1. no necking.
   لا يوجد رقبة.
2. no yield point
   لا يوجد نقطة خضوع
3. no elastic stage
   لا يوجد منطقة مرونة
4. ultimate load = fracture load.
   حمل الكسر = أقصى حمل
5. lower elongation أقل استطالة





Comparing between (Ductile - Semi Ductile - Brittle) metals.
P or σ
Semi-Ductile
(high Grade steel)
الصلب عالي المقاومة
Ductile metals المواد المطيلة
(mild steel) الصلب الطري
Brittle metals
المواد القصفة
(Cast iron)
الحديد الزهر
ΔL or ε

* Mechanical properties of metals under Tension . الخواص الميكانيكية للمعادن تحت تأثير الإجهاد

A Stress الإجهادات

1 Proportional limit stress = elastic limit stress . الإجهاد حد المرونة أو حد التناسب .

$$\sigma_{e.L \; (p.L)} = \frac{P_{e.L}}{A_o}$$

$P_{e.L}$ ← Load at elastic

A_o ← original Area مساحة الأصلية للمقطع .

2 Yield stress الإجهاد الخضوع .

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o}$$

yield point.

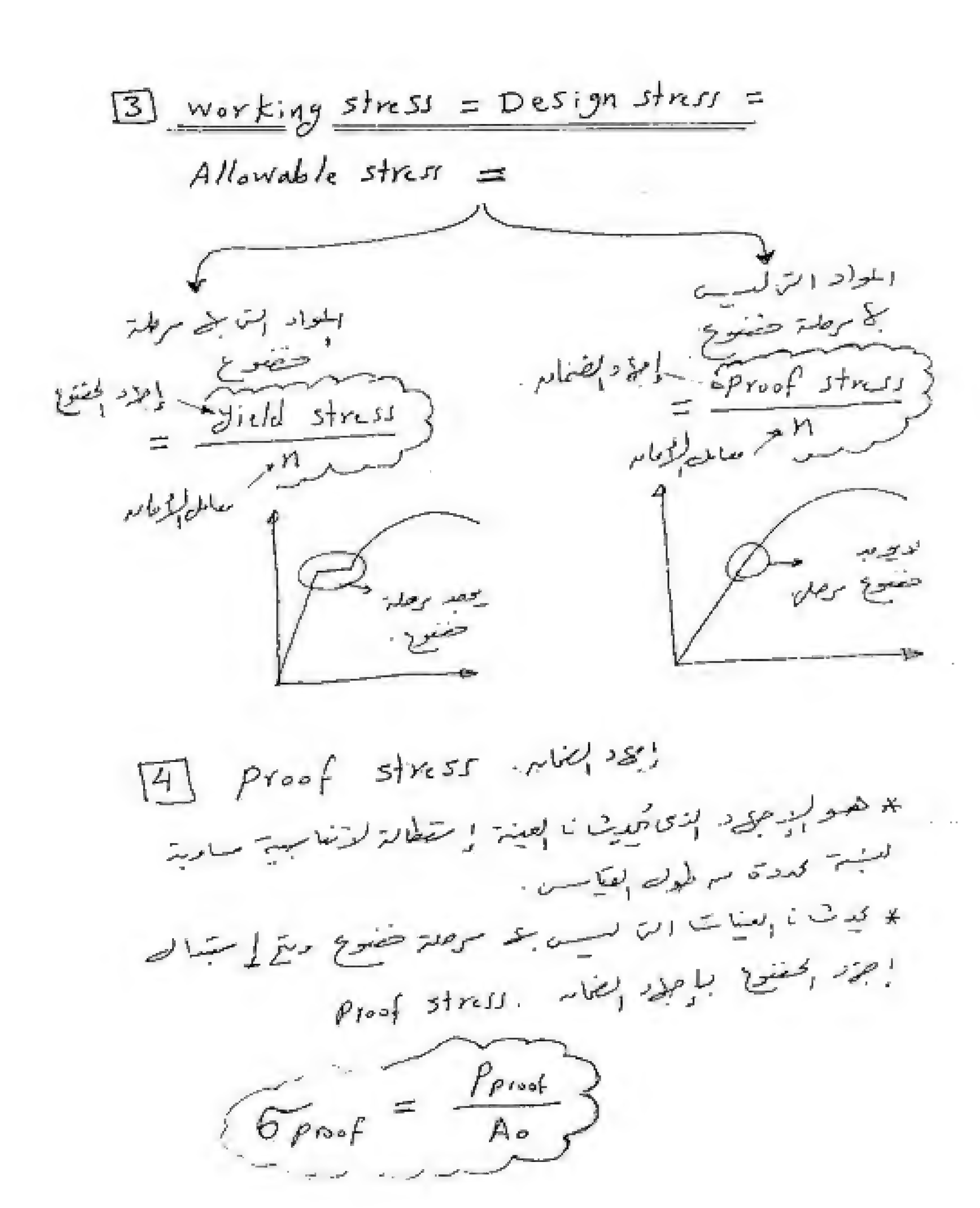
النقطة التي يحدث عندها زيادة في الاستطالة مع ثبات الحمل .

3 Ultimate Tensile strength.

(max stress) أقصى إجهاد

$$\sigma_{ult \; (max)} = \frac{P_{ult}}{A_o}$$

max ultimate stress.


3 Working stress = Design stress =
Allowable stress =
المواد التي لها مرحلة خضوع
إجهاد الخضوع
= yield stress / n
معامل الأمان
يوجد مرحلة خضوع
المواد التي ليس لها مرحلة خضوع
إجهاد الضمان
= proof stress / n
معامل الأمان
لا يوجد مرحلة خضوع
4 Proof stress إجهاد الضمان
* هو الإجهاد الذي يحدث في العينة استطالة لا تناسبية مساوية لنسبة محددة من طول القياس.
* يحدث في العينات التي ليس بها مرحلة خضوع ويتم استبدال إجهاد الخضوع بإجهاد الضمان Proof stress.
σproof = Pproof / Ao

* كيفية حساب proof stress

EX

get 0.1 % proof stress ← ماذا تعني

الاستطالة المقابلة $\rightarrow \varepsilon = 0.1\ \%$ تعني أن
للإجهاد المطلوب
stress - strain curve $\Rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \Rightarrow \Delta L = \frac{0.1}{100} * L_o$

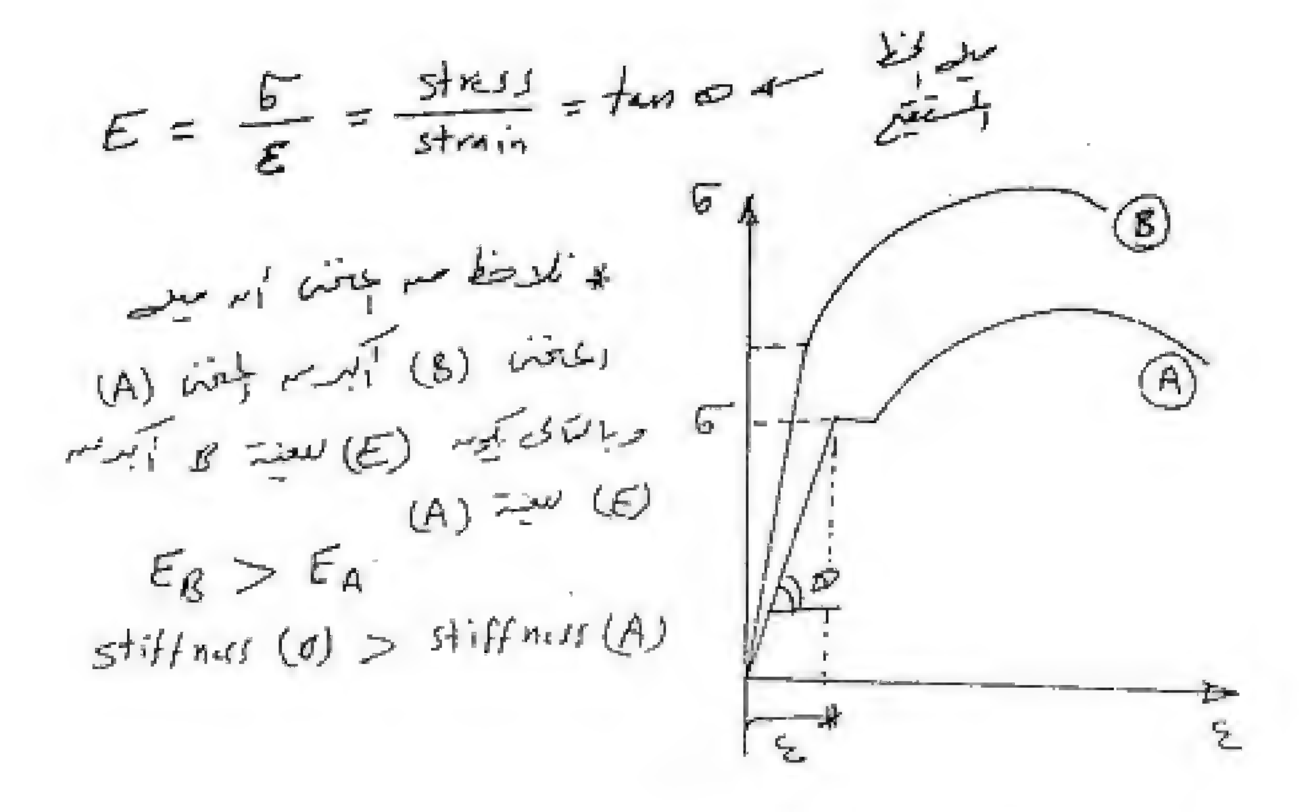
↓ نوجد الحمل المقابل له ويكون هو (P_{proof})

5 **Stiffness** الصلابة

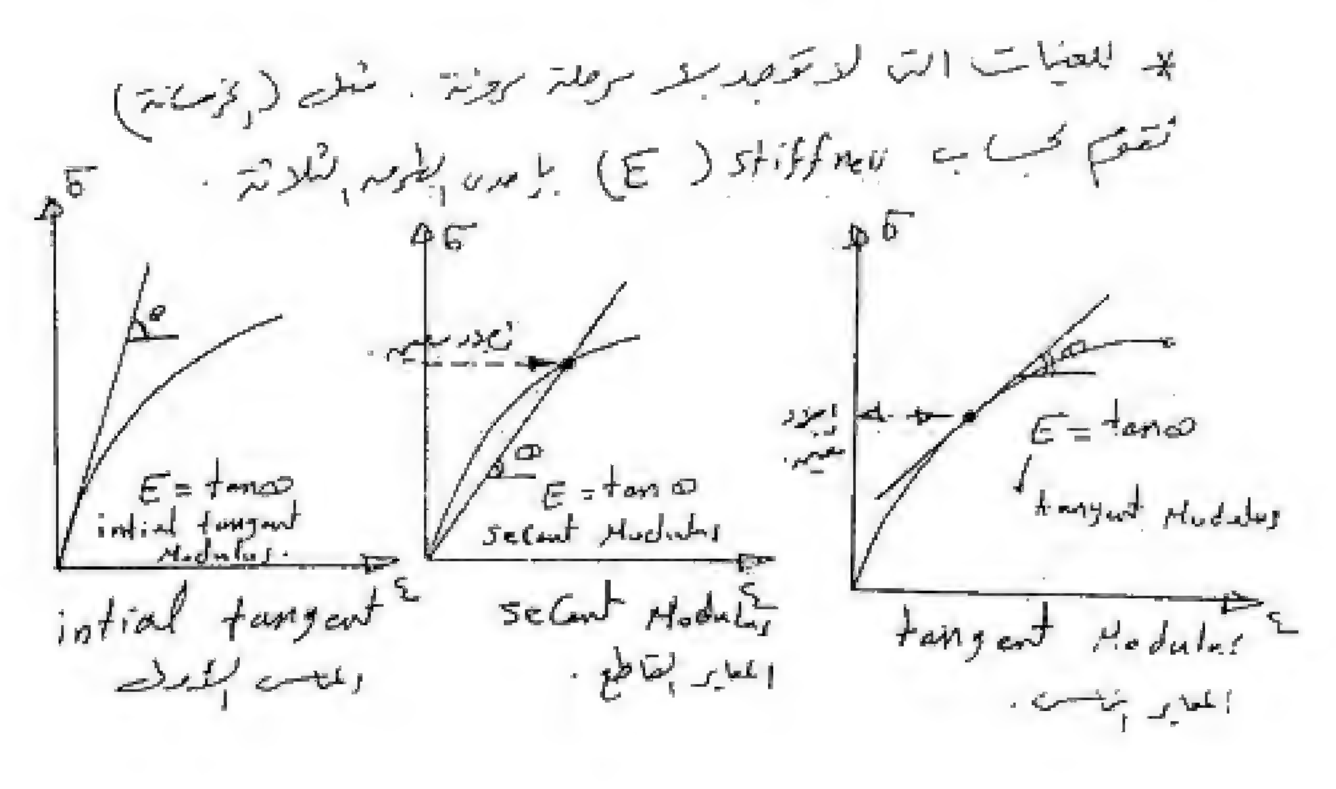
هي مقاومة المادة للتشكل أو الاستطالة المرنة

* وتقاس من مرحلة المرونة (المعايير المرنة)

Modulus of elasticity = Young's Modulus
= "E"



$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{stress}{strain} = \tan\theta$ ← ميل الخط المستقيم
* نلاحظ من منحنى أن ميل
منحنى (B) أكبر من منحنى (A)
وبالتالي يكون (E) للعينة B أكبر من
(E) للعينة (A)
$E_B > E_A$
stiffness (B) > stiffness (A)
B
A



* للعينات التي لا توجد بها مرحلة مرونة. مثل (الخرسانة)
نقوم بحساب stiffness (E) بإحدى الطرق الثلاثة.
E = tanθ
initial tangent Modulus
E = tanθ
secant Modulus
E = tanθ
tangent Modulus
initial tangent
المماس الابتدائي
secant Modulus
المعاير القاطع.
tangent Modulus
المعاير المماس.

6 Resilience — الرجوعية.

* هي الطاقة التي تمتصها المادة في ترجعها كلها إذا تم إزالة الحمل (في مرحلة المرونة)

$$R = \frac{1}{2} * P_{p.L} * \Delta L_{p.L}$$

⇓

المساحة تحت منحنى (P - ΔL) في مرحلة المرونة فقط

* Modulus of Resilience.

$$M.o.R = \frac{R}{volume}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} P_{p.L} * \Delta L_{p.L}}{A_o * L_o}$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{P_{p.L}}{A_o}\right)\left(\frac{\Delta L_{p.L}}{L_o}\right)$$

$$\Longrightarrow M.o.R = \frac{1}{2} * \sigma_{p.L} * \varepsilon_{p.L}$$

⇓

المساحة تحت منحنى (σ - ε) في مرحلة المرونة

* تعتبر (M.o.R) خاصية من خواص المادة لأنها ناتجة من (σ-ε) بينما لا تعتبر (R) خاصية.

7 Toughness

المتانة .

الشغل اللازم لكسر العينة .

T = Total Area under (P-ΔL) Curve.

① بالنسبة للمنحنيات التي بها مرحلة خضوع

$$T = \left(\frac{P_y + P_{max}}{2}\right) * \Delta L_{max}$$

↳ Toughness

$$M.o.T = M_T = \frac{T}{Volume}$$ = Modulus of Toughness

$$M_T = \left(\frac{\sigma_y + \sigma_{max}}{2}\right) * \varepsilon_{max}$$

② بالنسبة للمنحنيات التي ليس بها مرحلة خضوع .

$$T = \left(\frac{2}{3} \times P_{max}\right) * \Delta L_{max}.$$

↓ المتانة

$$M_T = \left(\frac{2}{3} * \sigma_{max}\right) * \varepsilon_{max}$$

↓ معاير المتانة

* تعتبر (M_T) معاير المتانة خاصية للمادة بينما لا تعتبر T خاصية .

9 Ductility المطولية.

* خاصية تعبر عن درجة التشكل اللدن

* مقاييس المطولية

① النسبة المئوية للاستطالة % elongation.

② " " للتقص في المساحة % Reduction of Area.

① % elongation

طول الانهيار failure length.

$$\% \text{ elongation} = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 = \frac{\Delta L_{max}}{L_o} * 100 \%$$

If % elong. $\leq 5\%$ → brittle mat.

% elong ($> 5\%$ & $< 15\%$) → semi-ductile

% elong $> 15\%$ → Ductile mat.

② % Reduction in Area

$$\% \text{ reduction} = \frac{A_o - A_f}{A_o} * 100 \%$$

10 Poison's Ratio (ν)

$$\mu = \frac{-\text{lateral strain}}{\text{longitudinal strain}} = \frac{-\Delta D / d_o}{\Delta L / L_o}$$

[11] Modulus of rigidity معاير الصلادة.

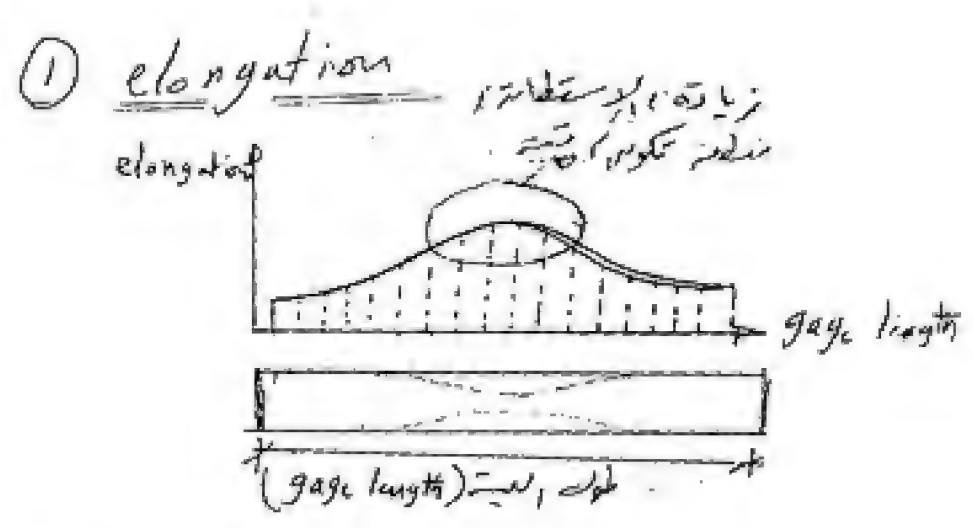
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

E ← Young's Modulus

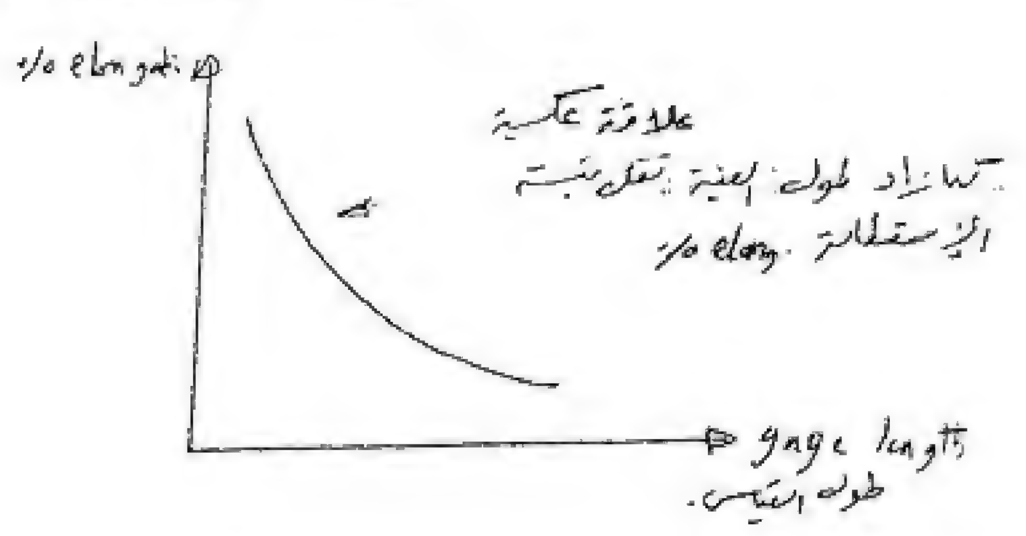
ν ← poison's ratio.

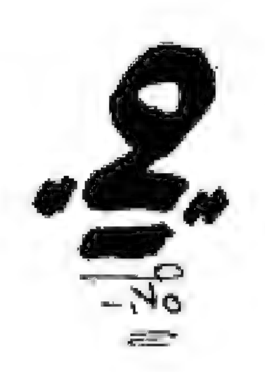
* Effect of gage length on:-

① elongation



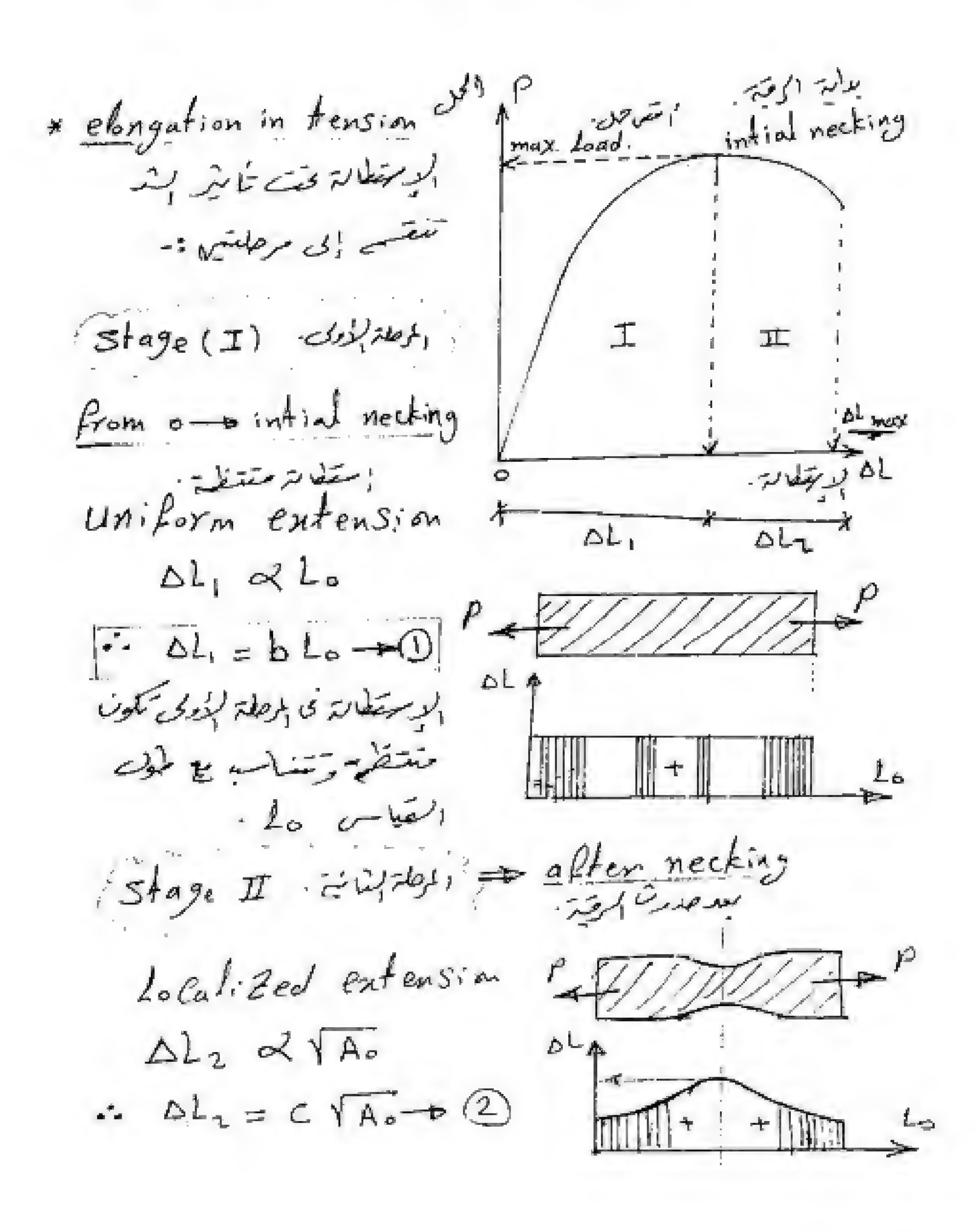
② % elongation

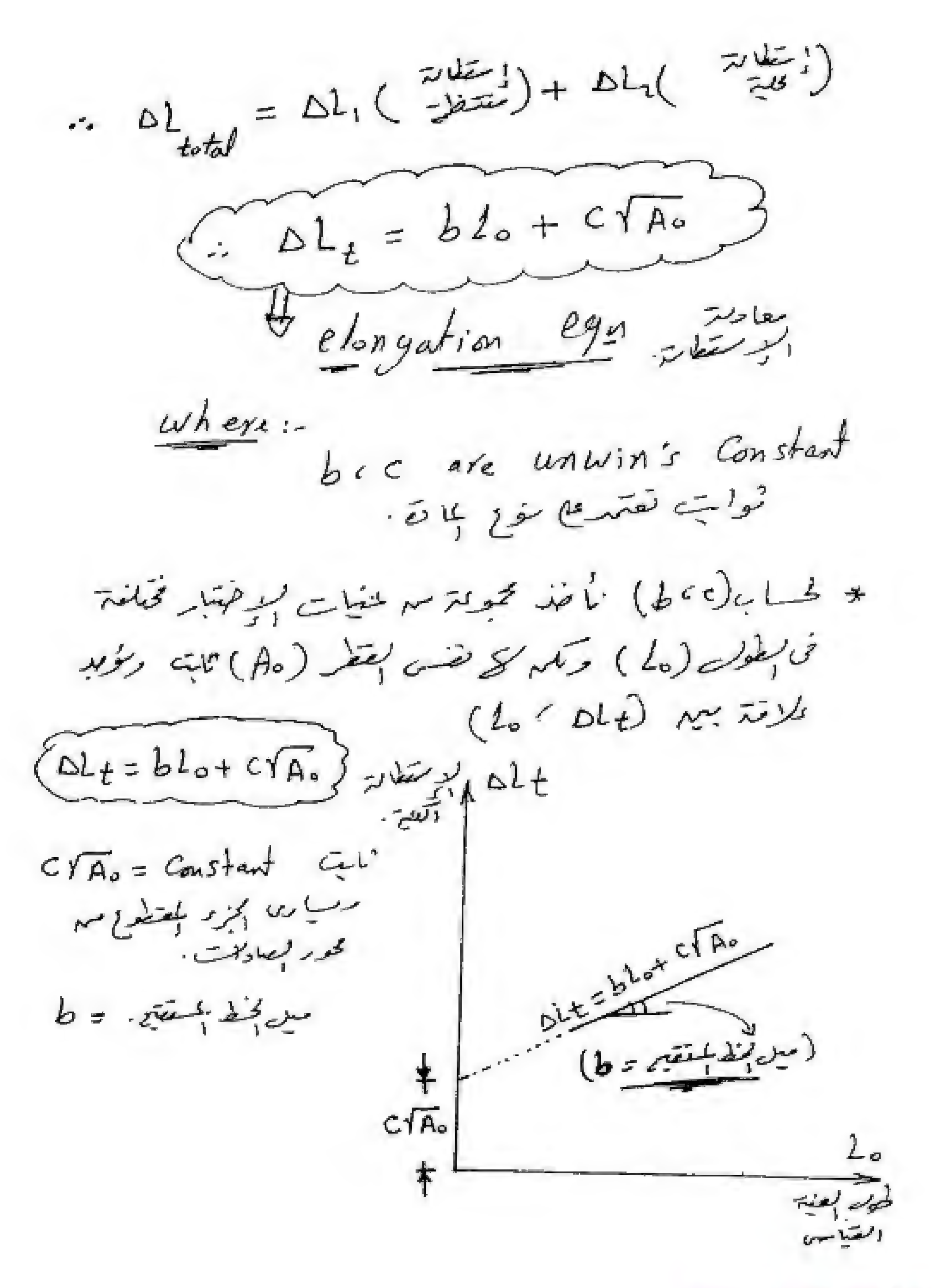




Tension Test

معادلة الإستطالة Elongation equation




∴ ΔL total = ΔL1 (استطالة منتظمة) + ΔL2 (استطالة محلية)
∴ ΔLt = bLo + c√Ao
elongation eqn
معادلة الاستطالة
where :-
b , c are unwin's Constant
ثوابت تعتمد على نوع المادة.
* لحساب (b , c) نأخذ مجموعة من عينات الاختبار مختلفة
في الطول (Lo) ولكن لها نفس القطر (Ao) ثابت ونوجد
علاقة بين (Lo , ΔLt)
ΔLt = bLo + c√Ao
الاستطالة الكلية
ΔLt
c√Ao = Constant ثابت
ويساوي الجزء المقطوع من
محور الصادات.
b = ميل الخط المستقيم
ΔLt = bLo + c√Ao
(b = ميل الخط المستقيم)
c√Ao
Lo
طول العينة القياسي

$\therefore \quad \Delta L = b L_o + c\sqrt{A_o}$ — نقسم الطرفين على L_o

$$\left(\frac{\Delta L}{L_o}\right) = \left(b + \frac{c\sqrt{A_o}}{L_o}\right)$$

$$\left(\frac{\Delta L_t}{L_o} * 100\%\right) = \left(b + \frac{c\sqrt{A_o}}{L_o}\right) * 100\%$$

$$\Downarrow$$

$$\%\ elongation = \left(b + \frac{c\sqrt{A_o}}{L_o}\right) * 100\%$$

$\therefore \quad \%\ elongation \ \alpha \ \frac{1}{L_o}$ ← طول العينة

$\Downarrow$

تعبر عن Ductility المطولية.

as $L_o \uparrow$ % elong. $\downarrow$

$L_o \uparrow$ Ductility $\downarrow$

% elongation

L_o

True Stress - True Strain

الإجهاد الحقيقي - الإنفعال الحقيقي.

* **True Stress** الإجهاد الحقيقي

$$\sigma_t = \frac{P_i}{A_i}$$

P_i :- الحمل عند لحظة معينة.
A_i :- المساحة عند لحظة معينة.

* **True strain** الإنفعال الحقيقي.

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta L_i}{L_i}$$

ΔL_i :- الإستطالة اللحظية.
L_i :- طول القياس عند نفس اللحظة.

---

before necking

قبل حدوث الرقبة.

(up to necking)

حتى حدوث الرقبة.

$$\sigma_t = \sigma_n (1 + \varepsilon_n)$$

$$\varepsilon_t = \ln(1 + \varepsilon_n)$$

$\sigma_n = \frac{P_i}{A_o}$ #

$\varepsilon_n = \frac{\Delta L_i}{L_o}$ #

after necking

بعد حدوث الرقبة.

$$\sigma_t = \frac{P_i}{A_i}$$

$$\varepsilon_t = 2 \ln \frac{d_o}{d_i}$$

وتستخدم هذه المعادلات للعينة كلها إذا وجد التغير في المساحة.

* prove that :-

$$\sigma_t = \sigma_n (1 + \varepsilon_n)$$

$$\varepsilon_t = \ln (1 + \varepsilon_n)$$

<u>for constant volume</u>

بالنسبة لثبات الحجم

$$A_o L_o = A_i L_i$$

$$A_i = \frac{A_o L_o}{L_i} \quad \#$$

$$\because \sigma_t = \frac{P_i}{A_i} = \frac{P_i}{\frac{A_o L_o}{L_i}} = \frac{P_i L_i}{A_o L_o} = \frac{P_i}{A_o} * \frac{L_i}{L_o}$$

$$\sigma_t = \frac{P_i}{A_o} \left(\frac{L_o + \Delta L}{L_o} \right) = \sigma_n \left(1 + \frac{\Delta L_i}{L_o} \right)$$

$$\therefore \sigma_t = \sigma_n (1 + \varepsilon_n) \quad \#$$

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta L_o}{L_o} + \frac{\Delta L_1}{L_1} + \cdots + \frac{\Delta L_i}{L_i}$$

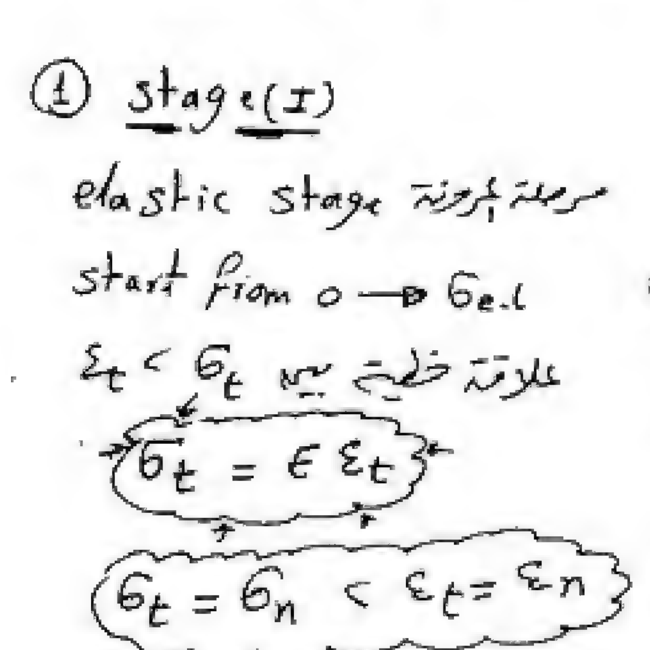
$$= \sum_{L_o}^{L_i} \frac{\Delta L}{L} = \int_{L_o}^{L_i} \frac{dL}{L} = \ln L \Big|_{L_o}^{L_i}$$

$$= \ln L_i - \ln L_o = \ln \frac{L_i}{L_o} \quad \#$$

$$= \ln \left(\frac{L_o + \Delta L}{L_o} \right) = \ln \left(1 + \frac{\Delta L}{L_o} \right)$$

$$\therefore \varepsilon_t = \ln (1 + \varepsilon_n) \quad \#$$

* True stress - strain diagram :-



① **Stage (I)**

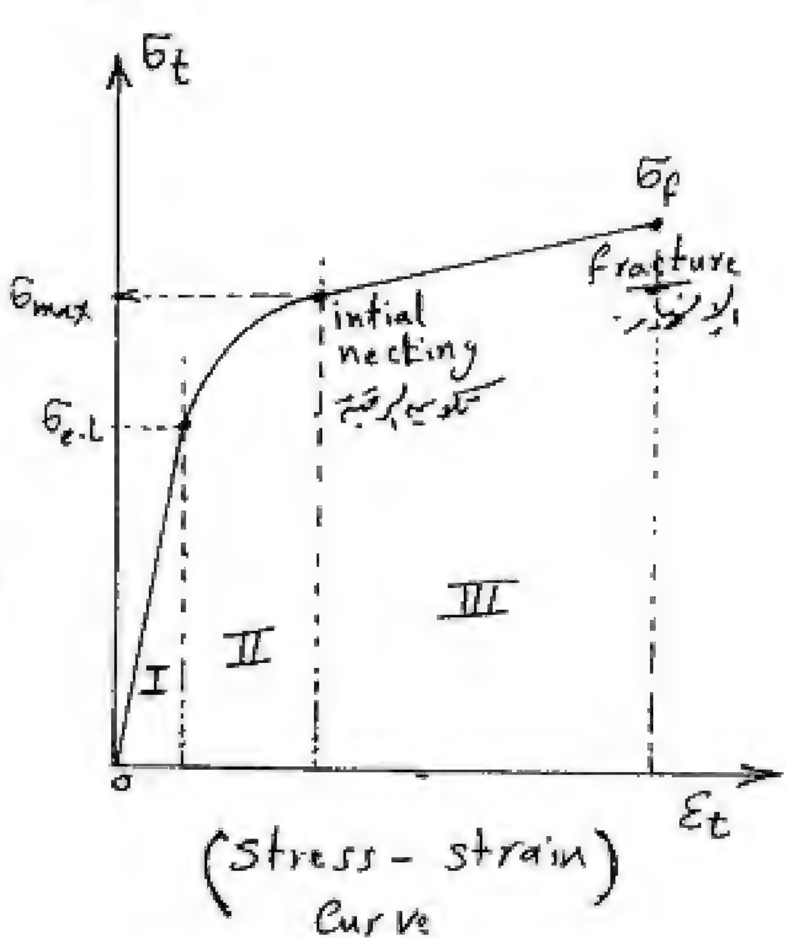
elastic stage مرحلة المرونة

start from o → $\sigma_{e.l}$

ε_t & σ_t علاقة خطية بين

$$\sigma_t = E\,\varepsilon_t$$

$$\sigma_t = \sigma_n \quad \& \quad \varepsilon_t = \varepsilon_n$$



(stress - strain) curve

منحنى الإجهاد - الانفعال الحقيقي

② **Stage (II)**

elastic - plastic stage

مرحلة المرونة - اللدونة

ε_t & σ_t علاقة أسية بين

$$\sigma_t = b\,\varepsilon_t^{\,n} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_t = \sigma_n(1+\varepsilon_n) \\ \varepsilon_t = \ln(1+\varepsilon_n) \end{cases}$$

(b & n) ثوابت تعتمد على نوع المادة.

b :- strength coefficient

n :- strain hardning exponent.

③ **Stage (III)** from intial necking (بداية الرقبة) → fracture

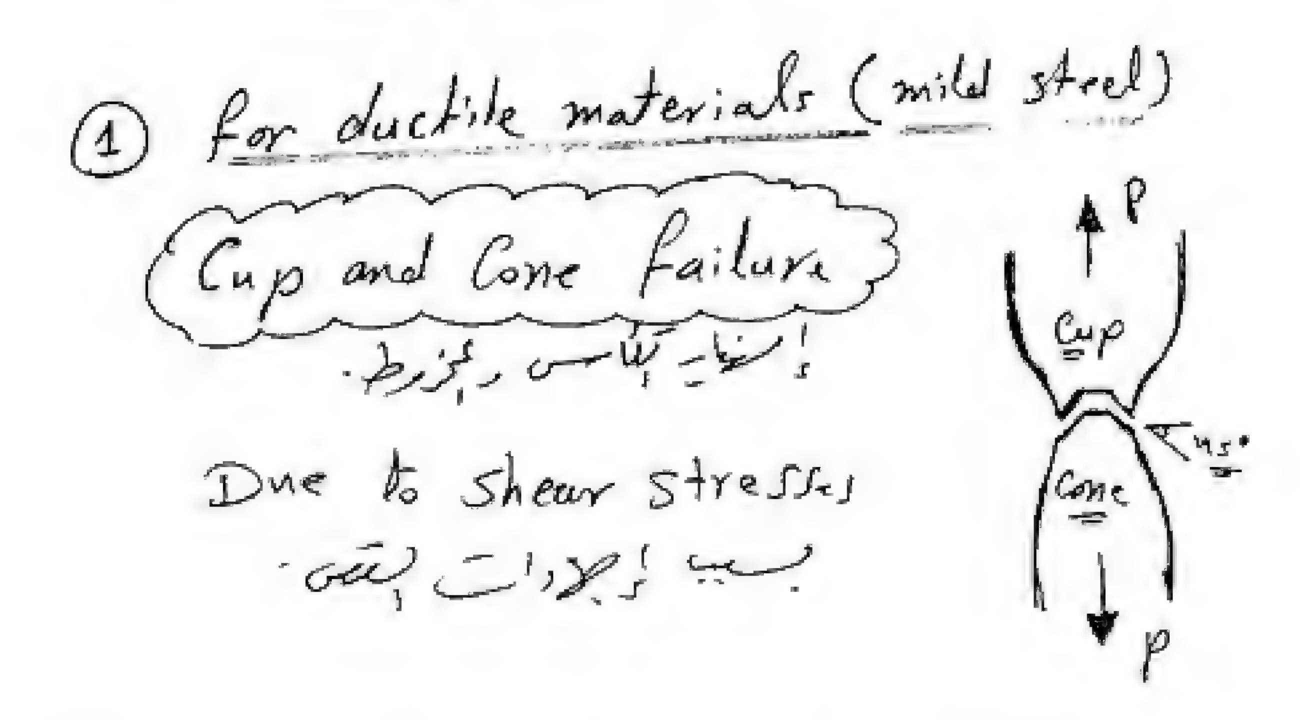
علاقة خطية.

$$\sigma_t = K\,\varepsilon_t + m$$

(m & k) ثوابت تعتمد على نوع المادة.

الانهيار بالشد Fracture in tension

① for ductile materials (mild steel)



Cup and Cone failure

انهيار الكأس والمخروط.

Due to shear stresses

بسبب إجهادات القص.

② for brittle materials (Cast iron)

Separation or tensile fracture

انهيار الشد أو الانفصال.

تكون مستوى عمودي ع اتجاه الاحمال

Due to tension stresses

نتيجة إجهادات الشد.

ملاحظة * مقاومة الشد للمواد القصفة أقل بكثير من المواد المطيلة.

* مقاومة الضغط للمواد القصفة أكبر منها في المواد المطيلة

* Effect of variables on tensile properties :- تأثير المتغيرات على خواص الشد.

① Test speed (rate) :- سرعة التحميل

as Test speed ↑ ⇒ σ_{ult} ↑ & % elongation / Ductility ↓

② Temprature :- درجة الحرارة.

* for most metals as temp ↓ σ_{ult} ↑ & Ductility ↓

③ chemical Composition :- التركيب الكيميائي

as C (Carbon Content) ↑

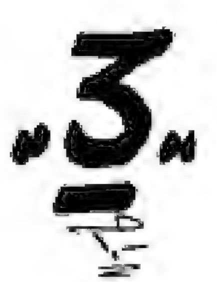
Strength ↑ & Ductility ↓

E ← لا تتأثر بتغير نسبة الكربون

%C ; E = Constant

④ effect of Cold deformation التشكيل على البارد.

σ_{ult} ↑ & Ductility ↓



حل الشيت

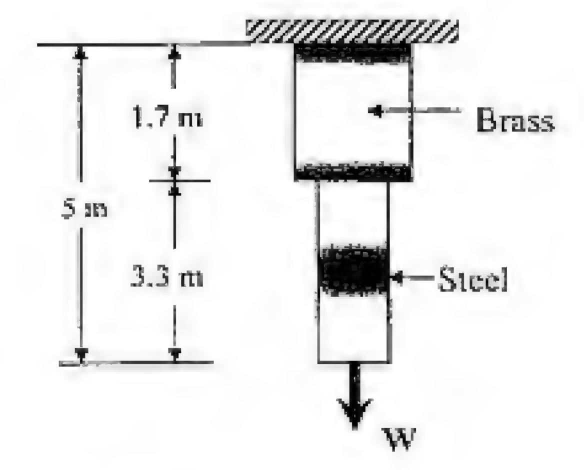
Sheet N0.3

(Tension Test)

Problem (1):-

A bar of 5 m long is made up from two materials **as shown in the figure**. The first 1.7 m of its length is of brass and is 7.5 cm^2 in cross section and the remainder of its length is of steel and 6 cm2 in cross section.
E_s= 2.1 x 10^6 kg/cm^2,
E_b= 1 x 10^6 kg/cm^2

Determine the load in kg required to produce **a total elongation in the bar of 0.12 cm.**



Given :

L total = 5.0 m , L brass = 1.7 m , L steel = 3.3 m
A brass = 7.5 cm^2 , A steel = 6 cm^2

ΔL total = 0.12 cm

Required:

The load w in kg

Solution

$$\Delta_L = \frac{PL}{EA}$$

Where : Δ_L, is the elongation الإستطالة الحادثة بسبب الحمل
P, is the load الحمل المسبب للإستطالة
E, is the modulus of elasticity معامل المرونة
A, is the cross section area مساحة مقطع العينة

$$\Delta L_T = \Delta L(brass) + \Delta L(steel)$$

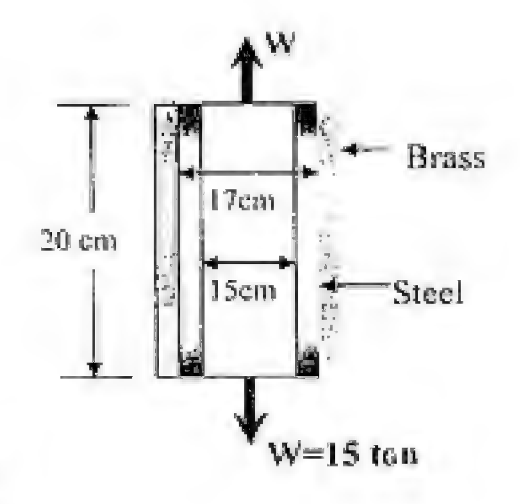
$$\Delta L_T = \frac{P_b L_b}{E_b A_b} + \frac{P_s L_s}{E_s A_s}$$

$$0.12 = \frac{W*(3.3*10^2)}{2.1*10^6*6} + \frac{W*(1.7*10^2)}{1*10^6*7.5}$$

$$0.12 = (0.485*10^{-4})\,W$$

W=2456.5 kg

Problem (2):-



A 20 cm long steel tube 15 cm internal diameter and 1 cm thickness is surrounded closely by a brass tube of the same length and thickness. The tubes carry an axial load of 15 ton.
Estimate the load carried by each tube.

Given :

L total = L steel = L brass = 20 cm

D internal (Brass) = 17cm   D external (Brass) = 19cm
D internal (Steel) = 15cm   D external (Steel) = 17cm

Required:

The load P_{steel} , P_{brass}

Solution

$$P(total) = P(brass) + P(steel)$$

$$P(brass) + P(steel) = 15(ton) \quad \Rightarrow (1)$$

$$\Delta L(steel) = \Delta L(brass)$$

$$\frac{PL}{EA}(steel) = \frac{PL}{EA}(brass)$$

$$\frac{P_{steel}L}{2.1*10^6\left[\frac{\pi}{4}*(17^2-15^2)\right]} = \frac{P_{brass}L}{1*10^6\left[\frac{\pi}{4}*(19^2-17^2)\right]} \quad \Rightarrow \quad \frac{P_{steel}}{2.1*64} = \frac{P_{brass}}{1*72}$$

$$7.44*10^{-3}P_{steel} = 13.8*10^{-3}P_{brass} \quad \Rightarrow \quad P_{steel} = 1.8668P_{brass}$$

$$\Rightarrow Substitute \quad in \quad (1) \Rightarrow \quad 1.8668P_{brass} + P_{brass} = 15*10^3$$

$$P_{brass} = 5232.31(kg) \quad \Rightarrow \quad P_{steel} = 9767.69(kg)$$

Problem (3):-

The tension test was carried out on mild steel specimen of 5 mm diameter and 20 cm gauge length. The gauge length was divided into 10 divisions. After rupture the lengths of those divisions were as follows:

Division No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_F, mm	24	24	25	29	23.5	23.5	23	23	22.5	22.5

I) Illustrate the division which the rupture was occurred in.
ii) Draw the elongation distribution along the gauge length.
iii) Draw the relation between the elongation and gauge length.
iv) Determine the Unwin's constant (b&c).
v) Draw the relation between the elongation % and the gauge length.

Given :

Mild steel specimen , Diameter (d) = 5 mm , Gauge length (Lo) = 20 cm
Gauge length divided into 10 division

Solution

i)

Rupture occurred in the division no. (4) Because it has the maximum elongation (Necking region).

الكسر حدث في القسم رقم (٤) لأن عنده أقصى قيمة إستطالة (منطقة تكون الرقبة)

---

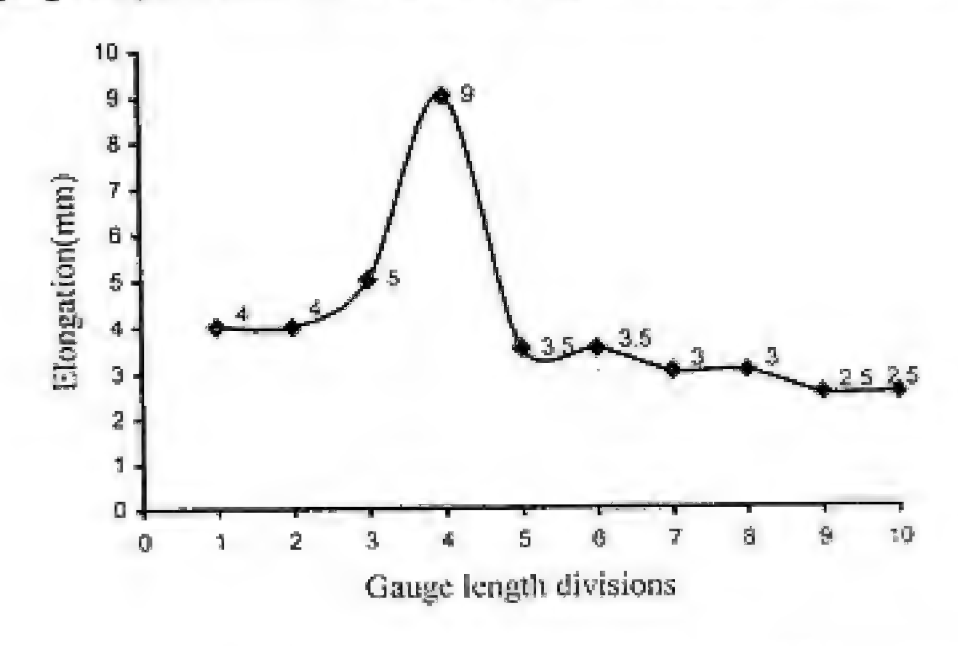
ii)

Division No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_F, mm	24	24	25	29	23.5	23.5	23	23	22.5	22.5
Elongation ΔL_f (mm)	4	4	5	9	3.5	3.5	3	3	2.5	2.5

وهي الفرق بين الطول النهائي للقسم (L_F) وطول القسم (Elongation, ΔL_f)

$$(\text{length of division}) = \frac{20cm(gauge_length)}{10(No.of_division)} = 20 \text{ mm}$$

المطلوب هو رسم العلاقة بين الإستطالة (elongation) واقسام العينة (gauge length divisions)

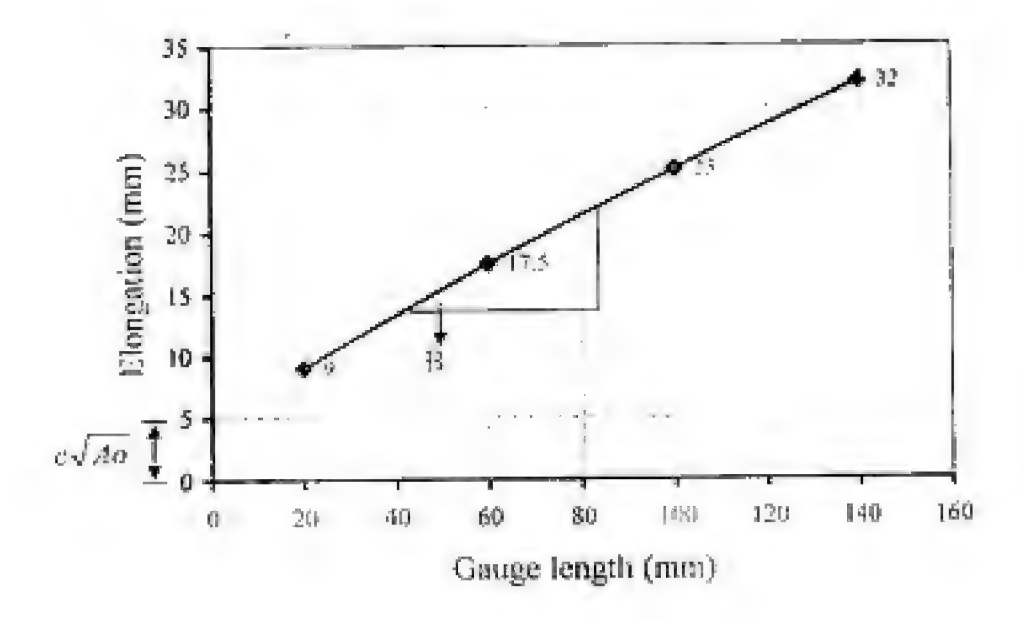


---

iii)

المطلوب رسم العلاقة بين الإستطالة (elongation) و طول القياس (gauge length)

Division No.	4	3,4,5	2,3,4,5,6	1,2,3,4,5,6,7
Gauge length (mm)	20	60	100	140
Elongation (mm)	9	17.5	25	32



Determination of unwin's constant (b, c).

من المنحنى السابق

$c\sqrt{Ao} = 5mm$ الجزء المقطوع من محور الصادات

$$c\sqrt{\frac{\pi}{4}(5)^2} = 5mm \Rightarrow \boxed{c = 0.7}$$

b = slope (ميل الخط المستقيم) = $\frac{32-25}{140-100} = \frac{7}{40} \Rightarrow$

$\boxed{b = 0.175}$

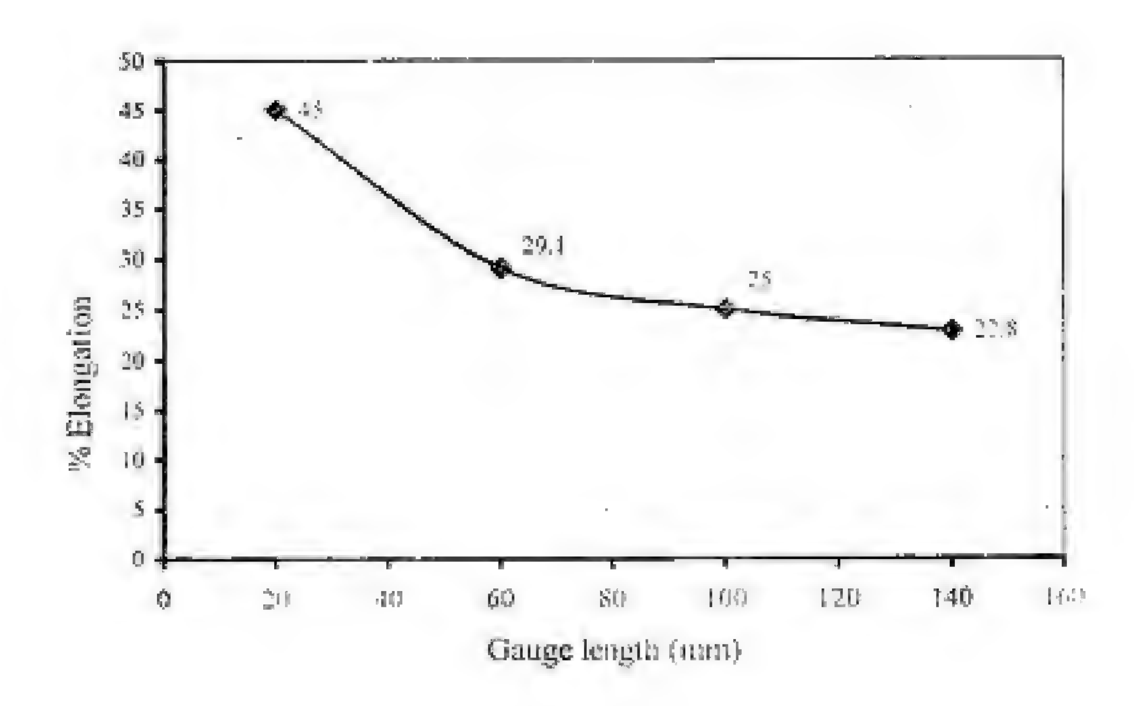
---

v)

المطلوب رسم العلاقة بين الإستطالة (% elongation) و طول القياس (gauge length)

$$\% \text{ Elongation} = \frac{elongation}{gauge_length} * 100\%$$

Gauge length (mm)	20	60	100	140
Elongation %	45	29.1	25	22.8



Problem (5):-:

A tension test was carried out on a ***short*** standard test specimen of steel of ***20 mm diameter.*** The test results were as follows:

Load , ton	2.5	5	7.5	7.5	9	11	12	12.5	11.5	10
ΔL , mm	0.06	0.12	0.18	1.5	4.4	12	20	26	30	33

Draw the load extension diagram and determine the following: -

i) Yield stress   ii) Tensile strength   iii) Elongation %

iv) Modulus of elasticity, resilience and. toughness

Solution

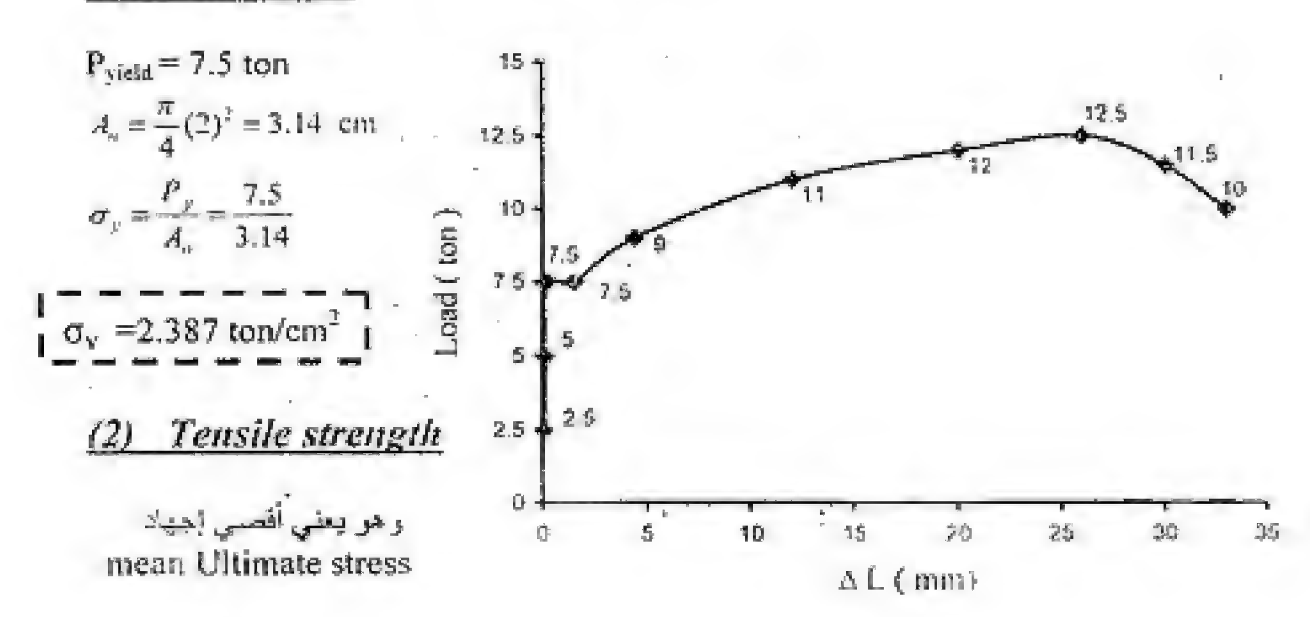
(1) Yield stress

$P_{yield} = 7.5$ ton

$A_o = \frac{\pi}{4}(2)^2 = 3.14$ cm

$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o} = \frac{7.5}{3.14}$

$\sigma_Y = 2.387 \text{ ton/cm}^2$



(2) Tensile strength

وهو يعني أقصى اجهاد

mean Ultimate stress

$P_{max} = 12.5$ ton

$A_o = \frac{\pi}{4}(2)^2 = 3.14$ cm

$\sigma_{ult} = \frac{P_{max}}{A_o} = \frac{12.5}{3.14} \Rightarrow \sigma_{ult} = 3.979 \text{ ton/cm}^2$

(3) Elongation %

$$\% elongtion = \frac{\Delta L_f (failure)}{L_o} * 100$$

For short specimen ($L_o = 5d = 5*20 = 100$ mm)

$$\% elongation = \frac{33}{100} * 100 = 33\%$$

(4) Modulus of elasticity (E)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \longrightarrow$$ Up to proportional limit (Elastic limit) حتي مرحلة المرونة

$$\sigma_{el} = \frac{7.5}{\pi} = 2.387 (ton/cm^2) \qquad \varepsilon_{el} = \frac{0.18}{100} = 18*10^{-4}$$

$$E = \frac{2.387}{18*10^{-4}} = 1326.28 (ton/cm^2)$$

(5) Modulus of resilience

$$M.O.R = \frac{1}{2} * \sigma_{pl} * \varepsilon_{pl}$$

$$= \frac{1}{2} * 2.387 * 18 * 10^{-4} \longrightarrow$$ **M.O.R = 2.148 *10⁻³ ton / cm²**

(5) Modulus of toughness

$$M.O.T = \left(\frac{\sigma_{pl} + \sigma_{max}}{2}\right) * \varepsilon_{failure}$$

$$= \left(\frac{2.387 + 3.979}{2}\right) * 0.33 \longrightarrow$$ **M.O.T = 1.05 ton / cm²**

Problem (7):-

A tension test was carried out on a long specimen of 8 mm diameter and the following data were recorded:

Load, KN	0	5	8	11	13	15	16.5	17.5	17	15
ΔL , mm	0	0.05	0.08	0.1	1.5	3.5	6	9	11	15

Draw the stress-strain diagram and calculate the following:

i- Stiffness

ii- 0.2 % proof stress

iii- Ductility

iv- True stress and strain at initial necking

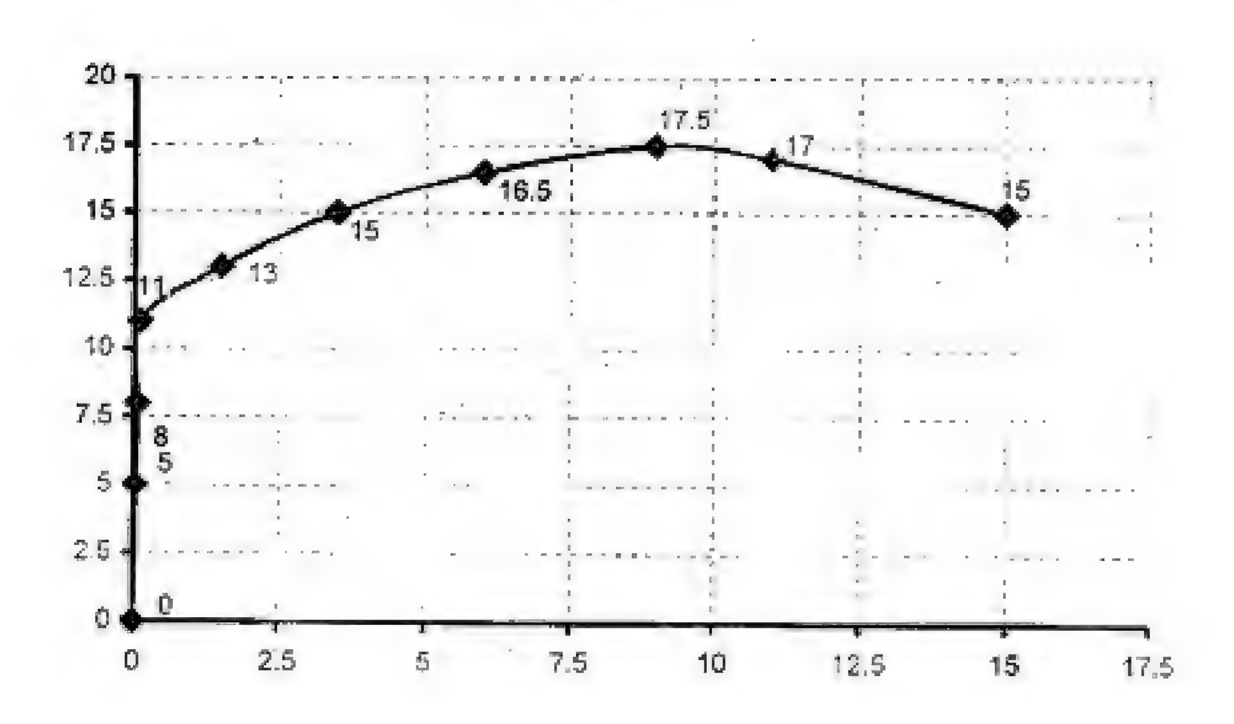
v- Describe the fracture characteristic of the test specimen

vi- Design a structural element of round cross-section area from the same material to carry a load of 3 ton if the factor of safety is 1.5.

Given :

Long specimen , 8 mm diameter

Solution



* **Draw (stress - strain) diagram**

$$A_o = \frac{\pi}{4}(0.8)^2 = 0.503\ cm^2$$

$$L_o = (\text{Long specimen}) = 10d = 10 * 8 = 80\ mm.$$

(1) stiffness الصلابة

(E) تقاس بمعامل المرونة

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{at elastic stage.}$$

$$\sigma_{e.L} = \frac{P_{e.L}}{A_o} = \frac{8}{0.503} = 15.91\ KN/cm^2$$

$$\varepsilon_{e.L} = \frac{\Delta L_{e.L}}{L_o} = \frac{0.08}{80} = 0.001$$

$$E = \frac{\sigma_{e.L}}{\varepsilon_{e.L}} = \frac{15.91}{0.001} = 1.591 * 10^4\ KN/cm^2$$

(2) 0.2 % proof stress. إجهاد الضمان

* يعني نوجد قيمة stress الذي عنده strain

$$\varepsilon = 0.2\% = \frac{0.2}{100} = 0.002$$

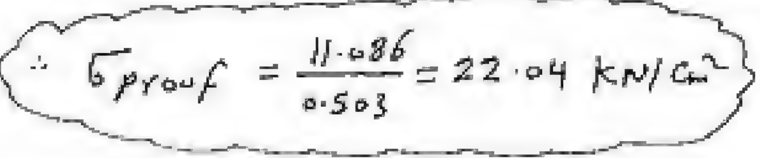
$$\Rightarrow \Delta L = L_o * \varepsilon = 0.002 * 80 = 0.16$$

ثم يعني نرسم خط بقيمة ΔL ونوجد P_{proof}.

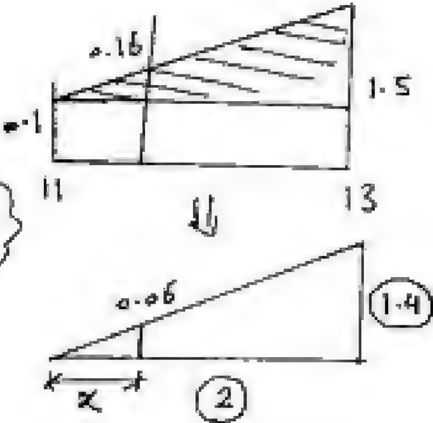
* أو بالنسبة والتناسب من الجدول

$\Delta L = 0.16 \quad (0.1 \longrightarrow 1.5)$

$\therefore P_{proof} = 11.086 \ KN$



$$\therefore \sigma_{proof} = \frac{11.086}{0.503} = 22.04 \ KN/Cm^2$$



$$\frac{1.4}{2} = \frac{0.06}{x}$$

$$x = \frac{0.06 * 2}{1.4} = 0.085$$

(3) Ductility المطولية

% elongation هو مقياس Ductility

$$\% \ elongation = \frac{\Delta l_f}{L_o} * 100 \Longrightarrow$$

$$\% \ elongation = \frac{15}{80} * 100 = 18.75 \ \%$$

(4) True stress and strain at intial necking.

intial necking = max load

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A_o} = \frac{17.5}{0.503} = 34.79 \ KN/Cm^2$$

$$\varepsilon_{(P_{max})} = \frac{\Delta L_{(P_{max})}}{L_o} = \frac{9}{80} = 0.1125$$

$* \ \sigma_{True} = \sigma_{max} (1 + \varepsilon)$

$$\sigma_{True} = 34.79 (1 + 0.1125) = 38.7 \ kN/cm^2$$

$$\varepsilon_{true} = \ln (1 + \varepsilon) = \ln (1.1125) = 0.1066$$

(5) <u>Describe the fracture characteristic of speci.</u>

<u>Due to</u> % elongation = 18.75 % > 15 %

∴ this material is Ductile material.

and Have Ductile failure. (<u>cup and cone failure</u>)

(6) Design struct. element round (X-sec)

If $P = 3$ ton & $f.o.s = 1.5$

$$* \ \sigma_{\substack{Design \\ working}} = \frac{\sigma_{proof}}{n \ (f.o.s)} = \frac{22.04}{1.5} = 14.69 \ kN/cm^2$$

⇓

المفروض أن أي جهد للعنصر لا يزيد عن هذا الإجهاد

(بتحول من kN → ton)

$$\sigma = \frac{P}{A} \Longrightarrow 14.69 = \frac{3 \ (ton) * 10}{A}$$

$$A = \frac{30}{14.69} = 2.04 \ cm^2 \Longrightarrow A = \frac{\pi d^2}{4} \Longrightarrow d = 2.6 \ cm$$

$$d = 26 \ mm$$

Faculty of Engineering

Civil Engineering

1st YEAR

MATERIAL

Compression ← نظري

\+

حل الشيت

= Compression =

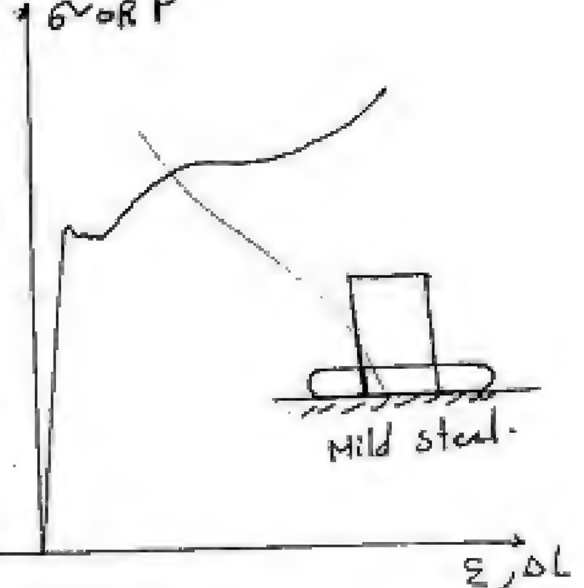
Static Compression test

- Importance . الأهمية

[1] An acceptable test for non-metalic materials such as:-
(1) concrete - (2) wood (3) stones - - - - -

[2] To determine mechanical properties under compression for metalic and non-metalic materials.

- Behavior of metals under compression سلوك المادة تحت الضغط



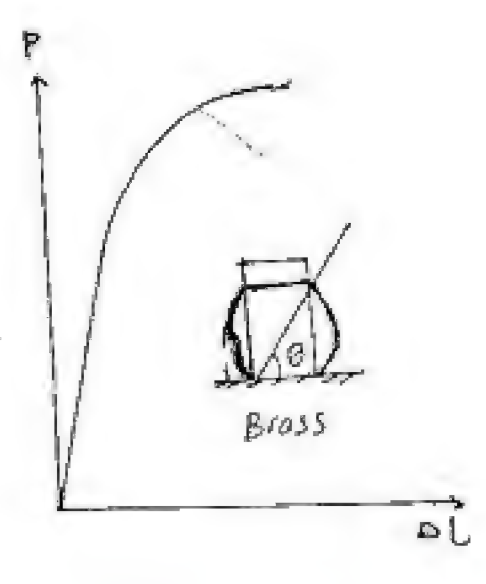
[a] Ductile metals [Mild steel]. المواد المطيلة

- يمكن أن يظهر حد الخضوع [Yeild] في المادة المطيلة
- اجهادات الضغط تتسبب في زيادة مقطع العينة.
- يتكون الشكل البرميلي [Barrel shape]

- Barrel shape is due to:- اسباب الشكل البرميلي

1- lateral expansion due to axial contraction
2- friction bet. The end surface of The specimen and The machine heads

- No failure accurs for specimen.



[b] semi ductile metals [Brass]

- Yeild Point may exist
- Fracture is due To shear stress along angle.

$\theta = 45 + \frac{\phi}{2} = 50^\circ$

ϕ angle of internal friction.

P_{max} = حمل الكسر هو الحمل الاقصى

5) Brittle metals 1- Cast IRon

- Fracture may occur due to shear stresses along a plane making an angle θ $\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2} = 55 - 60^\circ$

- No yeild occur.

- mechanical Properties.

نفس الخواص كما في حالة الشد

- True stress σ_t

$$\sigma_t = \frac{P_i}{A_i}$$

True strain ε_t

$$\varepsilon_t = \ln \frac{A_i}{A_o} = 2 \ln \frac{d_i}{d_o}$$

- compression test specimens

- Shape
1- Circular ○ 2- Rectangular ▭ 3- square □

مهم جداً

→ Conditions of The compression test specimens

① Circular Cross section for uniform stress.

② $\frac{L}{D} \not> 10$ to avoid buckling.

③ ends of The specimen should be plane, Parallel and Perpendicular to The axis of The specimen.

وذلك للحصول على نتائج دقيقة.

- standard test specimens العينات القياسية

1 long specimen

$L = [8-10]\,D$ → used for taking measurments during test.

2 medium specimen:-

$L = 3.0D$

- used for knowing maximum applied load and so to know σ_{max}.

3 short specimens

$L = 0.9D$

- used to know behavior of the material when friction occur.

- How To avoid friction منع

1 By lubrication عملية التشحيم

2 by divide test specimen to 3 parts and study The middle part.

3 by making machine head inclinde with an angle "α" $\alpha \ngtr 13^\circ$

- Percuations considered during compression test :-

1 The applied load must be axial by :-

a) Centering The specimen.

b) use Bearing Blocks.

c) use sphyrical bearing blocks.

2 Suitable test speed.

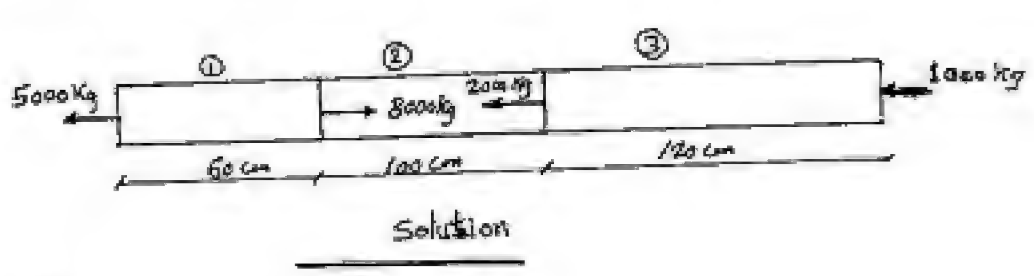
3 use satisfied test specimen.

Sheet [4] Compression Test

1) $A = 10\ cm^2$

$E_b = 1.05 \times 10^6\ kg/cm^2$

- Find The Total change in length of the bar.



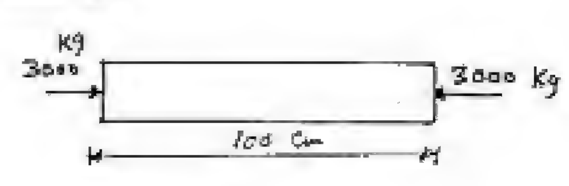
Solution

For part ①

- Tension on This Part.

$$\Delta L_1 = \frac{PL}{EA} = \frac{5000 \times 60}{1.05 \times 10^6 \times 10} = 0.0285\ cm$$

For Part ②



- Compresion on This Part.

$$\Delta L_2 = -\left[\frac{3000 \times 100}{1.05 \times 10^6 \times 10}\right] = -0.0285\ cm.$$

Part ③

- Compression Part

$$\Delta L_3 = -\left[\frac{1000 \times 120}{1.05 \times 10^6 \times 10}\right] = -0.0114\ cm$$

Then

$$\text{Total change} = \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3$$

$$= 0.0285 - 0.0285 - 0.0114$$

$$= -[0.0114]\ cm$$

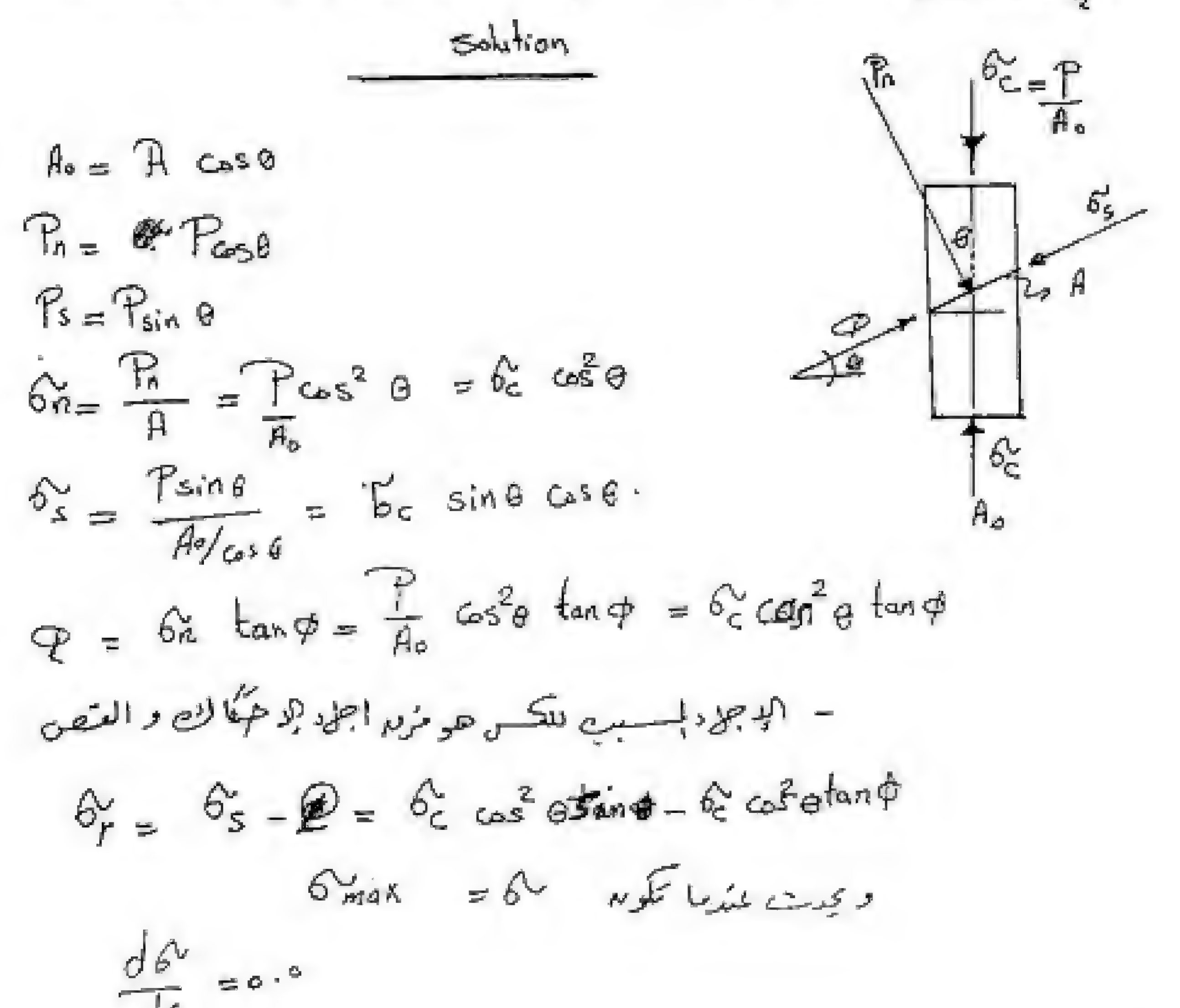
then The Specimen will have a contraction equal 0.0114 cm

أى العينة سوف تنكمش طوليا

0.0114 cm ※

2) a) Derive a relation to determine the angle of inclination of rupture plane for a brittle metal in compression. OR Prove $\theta = 45 + \frac{\phi}{2}$

Solution



$A_o = A \cos\theta$

$P_n = P\cos\theta$

$P_s = P\sin\theta$

$$\sigma_n = \frac{P_n}{A} = \frac{P}{A_o}\cos^2\theta = \sigma_c \cos^2\theta$$

$$\sigma_s = \frac{P\sin\theta}{A_o/\cos\theta} = \sigma_c \sin\theta\cos\theta$$

$$Q = \sigma_n \tan\phi = \frac{P}{A_o}\cos^2\theta \tan\phi = \sigma_c \cos^2\theta \tan\phi$$

- الإجهاد المسبب للكسر هو فرق اجهاد الاحتكاك و القص

$$\sigma_r = \sigma_s - Q = \sigma_c \cos^2\theta \tan\theta - \sigma_c \cos^2\theta \tan\phi$$

$\sigma_{max} = \sigma$ وحيث عندما تكون

$$\frac{d\sigma}{d\theta} = 0.0$$

$$\sigma_c [\sin\theta \times -\sin\theta + \cos\theta \times \cos\theta] + \sigma_c [\tan\phi + 2\cos\theta \sin\theta] = 0.0$$

$$(\cos^2\theta - \sin^2\theta) + 2\tan\phi \times \sin 2\theta = 0.0$$

$$-(\cos^2\theta - \sin^2\theta) = 2\cos 2\theta$$ قاعدة

$$\frac{2}{2}\cos 2\theta / 2\sin 2\theta = \tan\phi$$

$$\cot 2\theta = \tan\phi \Rightarrow \tan\phi = \tan[2\theta - 90^\circ]$$

then $\phi = 2\theta - 90^\circ \Rightarrow \theta = \frac{\phi}{2} + 45^\circ$

No (2) (b) نظري

No (3)

gauge length = 200 mm = 20 cm

$A = 1000\ mm^2 = 0.1\ Cm^2$

- based on The diagram

1- The Proportional limit stress

$$\sigma_{P.l} = \frac{P_{P.l}}{A_o} = 175\ MPa.$$

[illegible] $2.4 \rightarrow 0.002$

$2.2 \rightarrow ?$

$$? = \frac{2.2}{2.4} * 0.002 = 1.83 * 10^{-3}$$

2) Modulus of elasticity

$$E = \frac{\sigma_{P.L}}{\varepsilon_{P.l}} = \frac{175}{1.83 * 10^{-3}} = 95454.5\ MPa.$$

3) The Modulus of resilience.

$$MoR = \frac{1}{2}\sigma_{Pl}\ \varepsilon_{P.L}$$

$$= \frac{1}{2} * 175 * 1.83 * 10^{-3} = 0.16\ MPa$$

4) The Modulus of Toughness

$$MoT = \frac{2}{3}\sigma_{ult}\ \varepsilon_{ult}$$

$$= \frac{2}{3} * 275 * 3.5 * 10^{-3} = 0.64\ MPa.$$

$3.7 \rightarrow 200$

$? \leftarrow 210$

$$? = \frac{210}{200} * 3.7 = 3.885$$

5) Secant Modulus at stress 210 MPa.

$$\frac{3.1 * 200}{3.7} = 167.6$$

$$\text{secant Modulus} = \frac{167.6}{0.002} = 83783.8\ MPa.$$

6) ultimate compressive strength.

$$\sigma_{ult} = \frac{P_{max}}{A_o} = \sigma_{max} = 275 \text{ MPa.}$$

7) % contraction

$$\% \text{ cont.} = \frac{\Delta L_f}{L_o} * 100 = \varepsilon_f * 100 = 3.5 * 10^{-3} = 0.35\%.$$

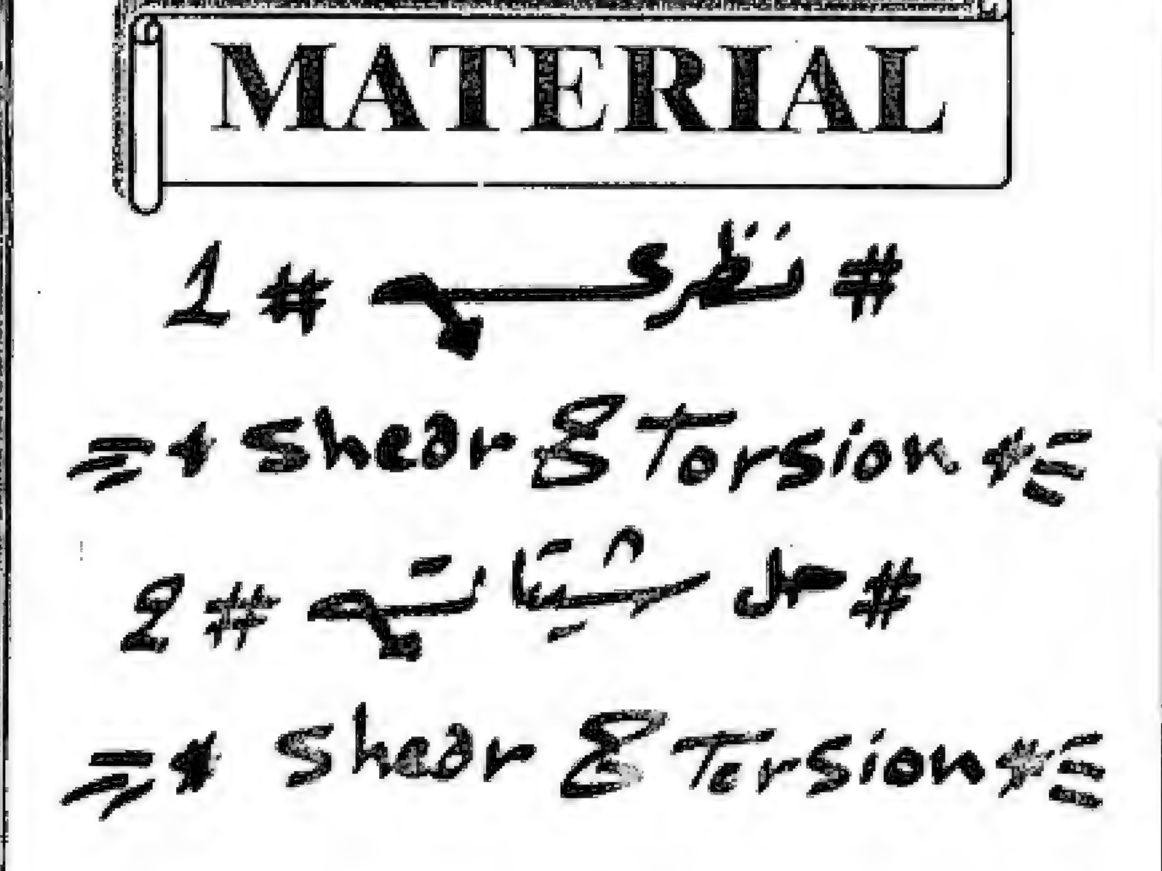
8) Explain The fracture characteristic of The Test specimen.

The Material is semi ductile it fracture at angle $45 + \frac{\phi}{2} = 50^{\circ}$

Faculty of Engineering

Civil Engineering

1st YEAR

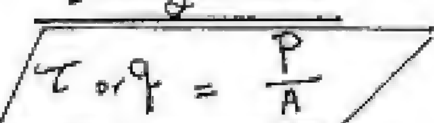


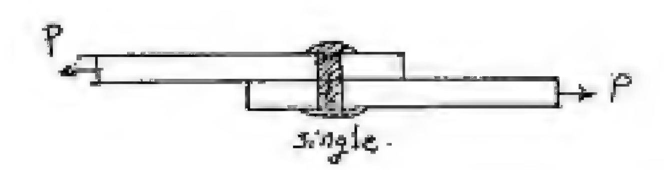
"ملخص لاختبار القص واللي" Shear and Torsion Tests

(1) For shear

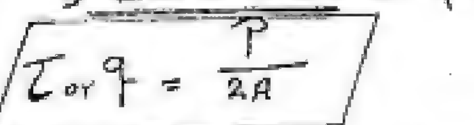
(1) direct shear القص المباشر

a) single shear القص المفرد

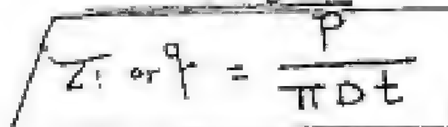


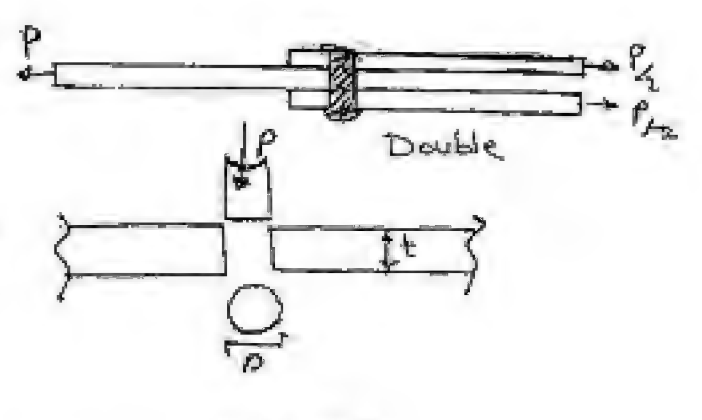


b) double shear القص المزدوج



c) Punching shear القص الثاقب





[2] bending shear or shear in beams قص الانحناء

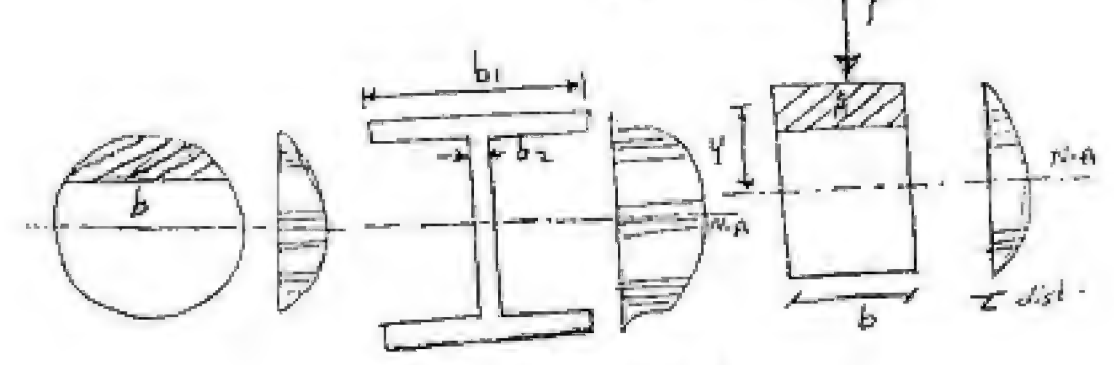
$$\tau = \frac{P\,Q}{I\,b}$$

P → shear force

Q = 1st Mom. of area = A * Y

I = 2nd " " ".

b = width.



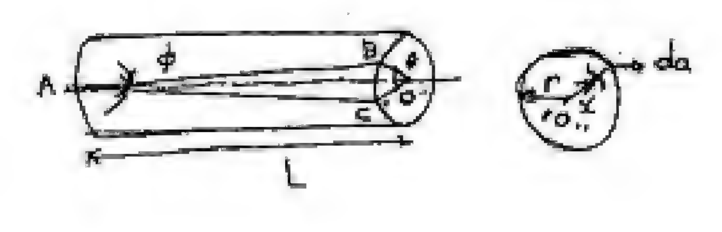
- shear distribution -

2. For Torsion

- stress due To Twisting

$$\tau_a = \frac{x}{r}\tau$$

$$F_{shear\,force} = \frac{x}{r}\tau\, da$$



$T_{moment\ of\ force\ about\ "O"}$

$$T = \frac{\tau}{r} x^2 da$$

Total moment $T = \frac{\tau}{r}\int x^2 da$

$x^2 da = J$ polar moment of area.

$$T = \frac{\tau}{r} J \quad \text{then} \quad \frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} \rightarrow (1)$$

- angle of Twist "θ" — ناتجة عن انفعالات القص التي تحول الخط AB لتكون AC

"θ" shear strain

$$BC = L\phi = r\theta$$

$$\phi = \frac{r}{L}\theta = \frac{\tau}{G}$$

$$\frac{\tau}{r} = \frac{\theta G}{L} \rightarrow (2)$$

From 1 & 2

$$\boxed{\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} = \frac{G\theta}{L}} \rightarrow \text{مهم جداً}$$

- τ shear stress.
- T twisting Moment torque.
- θ " angle.
- r radius.
- J Polar moment.
  $J = \frac{\pi}{32} D^4$.
- $G \rightarrow$ shear Modulus of rigidity (معامل الجساءة)
- L - Length.

* Mechanical Properties in Torsion shear -

(1) shear elastic strength المقاومة للقص المرنة

a)

$$q_e = \tau_e = \frac{16\,T}{\pi d^3} \text{ or } \frac{16\,M_t}{\pi d^3}$$

$M_t = T =$ moment or Torque.

الإثبات

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} = \frac{\theta G}{L}$$ من العلاقة العامة

$$J = \frac{\pi}{32} D^4$$

$$r = \frac{D}{2}$$

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} \Rightarrow \tau = \frac{T\,r}{J}$$

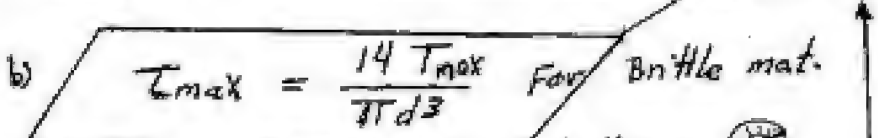
$$\tau_e = \frac{T * \frac{D}{2}}{\pi D^4/32} = \frac{16\,T_e}{\pi D^3} \text{ or } \frac{16\,M_t}{\pi D^3}$$

(2) (b) Ultimate Torsional shear strength المقاومة القصوى

لا يمكن حسابها من المعادلة لذلك تم حسابها عمليا كالتالي

a)

$$q_{max} = \tau_{max} = \frac{12\,T \text{ or } M_{t\,max}}{\pi d^3}$$ for Ductile materials solid sec.

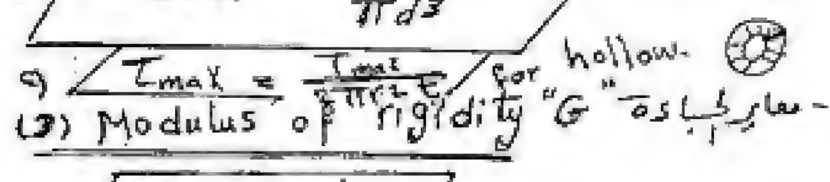


b)

$$\tau_{max} = \frac{14\,T_{max}}{\pi d^3}$$ For Brittle mat.

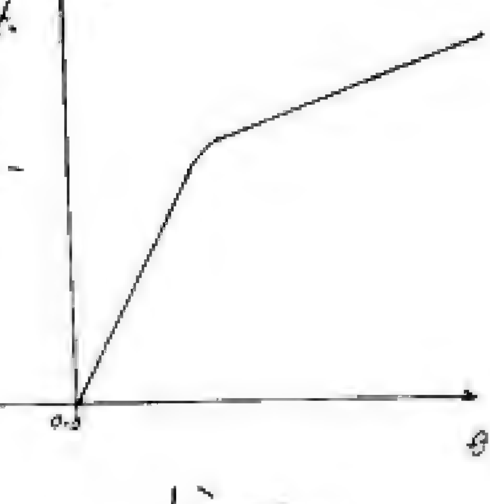
c)

$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{2\pi r^2 t}$$ for hollow.



(3) Modulus of rigidity "G" معاير الجساءة -

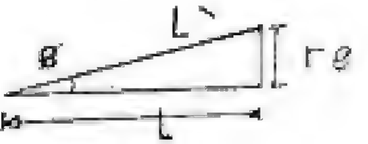
$$G = \frac{T}{\theta} * \frac{L}{J}$$



(4) Ductility المطولية

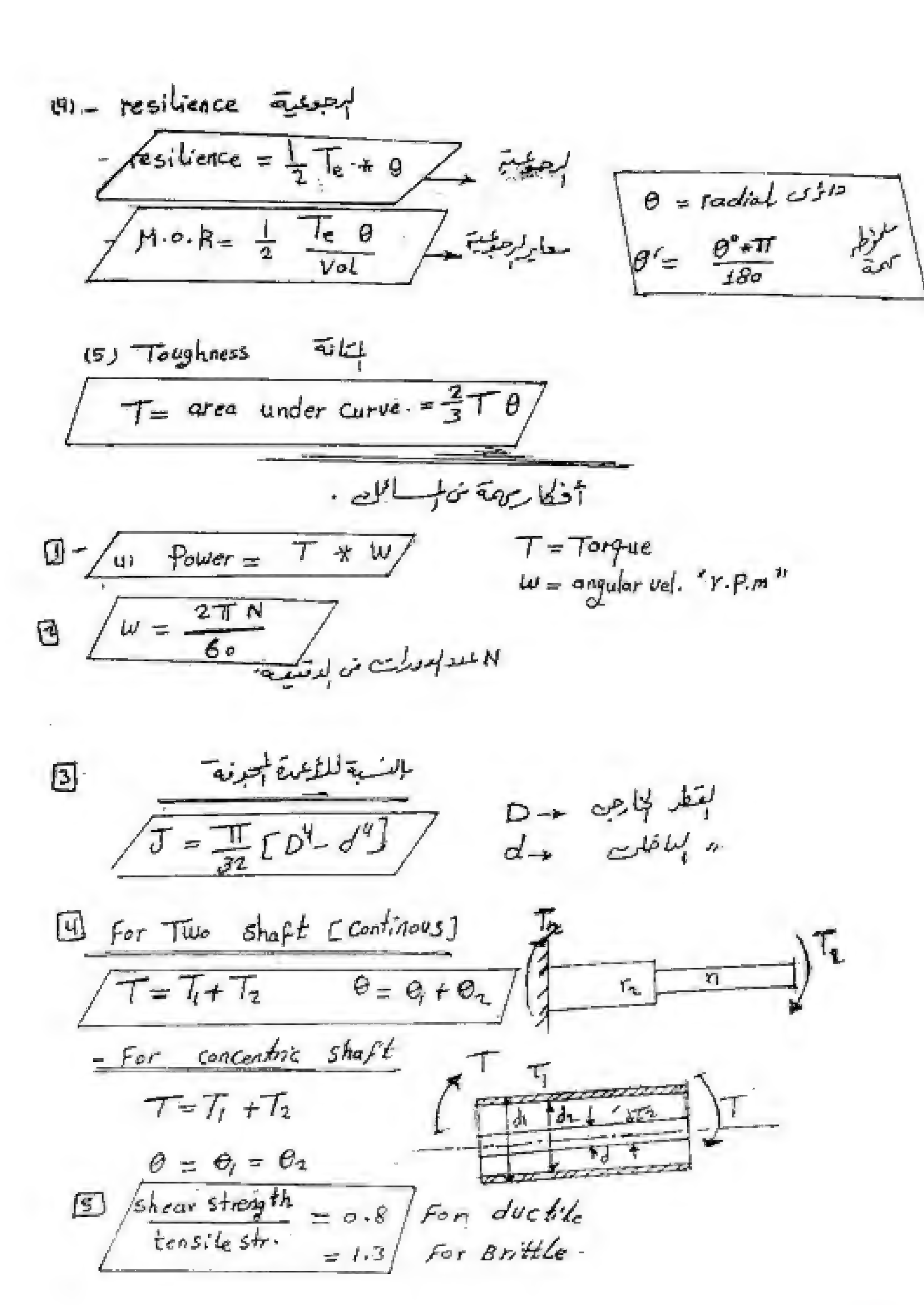
Ductility = θ_{max}

θ_{max} تقاس بقيمة



$\theta_{max} \uparrow \rightarrow$ المطولية $\uparrow$

$$\text{or } \%\,elong. = \frac{L' - L}{L} * 100$$



(4) - resilience المرجوعية

$$\text{resilience} = \frac{1}{2} T_e * \theta$$ → المرجوعية

$$M.o.R = \frac{1}{2} \frac{T_e \, \theta}{Vol}$$ → معاير المرجوعية

θ = radial دائري

$$\theta^r = \frac{\theta^\circ * \pi}{180}$$

(5) Toughness المتانة

$$T = \text{area under curve} = \frac{2}{3} T \theta$$

أفكار مهمة من المسائل .

1 - (1) $Power = T * w$

T = Torque

w = angular vel. "r.p.m"

2 $$w = \frac{2\pi N}{60}$$

N عدد الدورات في الدقيقة

3 بالنسبة للأعمدة المجوفة

$$J = \frac{\pi}{32} [D^4 - d^4]$$

D → القطر الخارجي

d → " الداخلي

4 For Two shaft [continous]

$$T = T_1 + T_2 \qquad \theta = \theta_1 + \theta_2$$

- For concentric shaft

$$T = T_1 + T_2$$

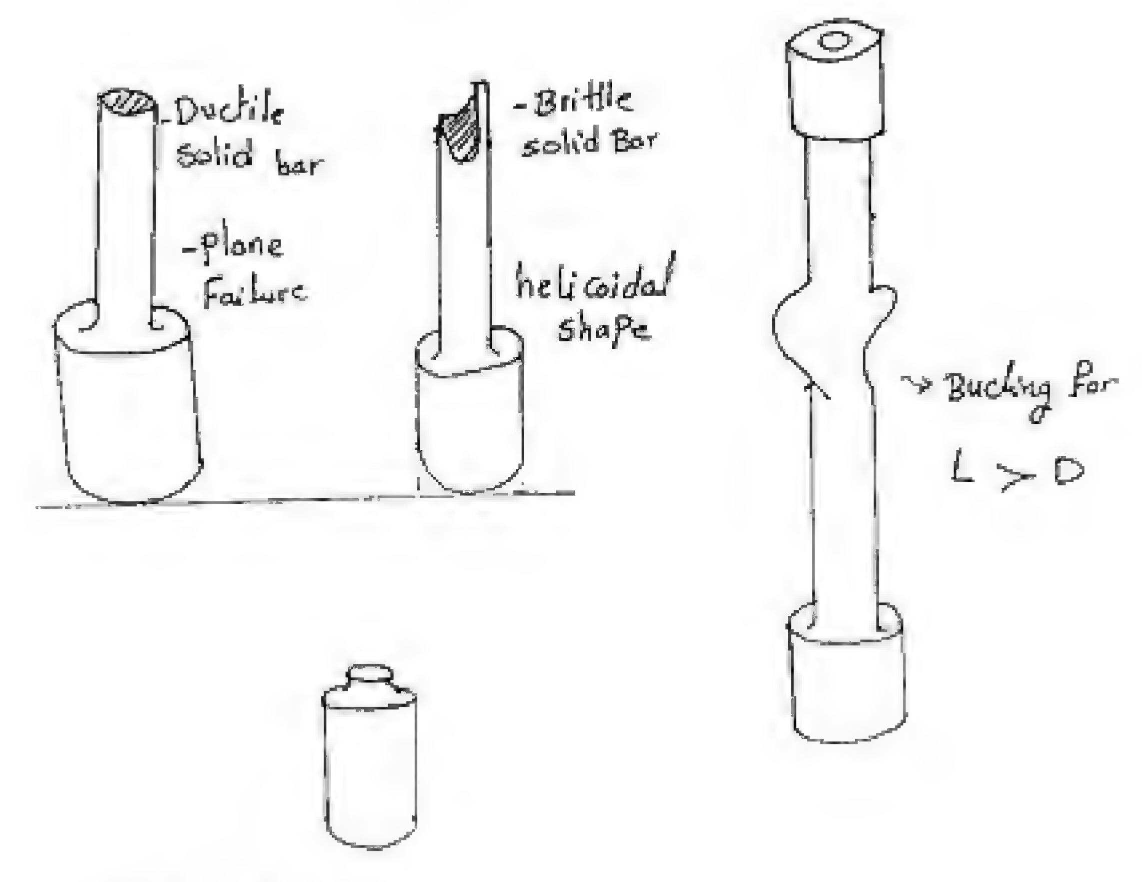
$$\theta = \theta_1 = \theta_2$$

5 $$\frac{\text{shear strength}}{\text{tensile str.}} = 0.8 \quad \text{For ductile}$$
$$= 1.3 \quad \text{For Brittle}$$

Failure Under Torsion

1. For Brittle material tensile strength < Shear strength then The rupture occurs by tensile separation only.

2. For Thin-walled tubular specimens of ductile material having a reduced section of length greater than the diameter Fail by buckling. يعني الطول أكبر من القطر تتعرض لانبعاج



- Tubular specimen of ductile material with reduced sec.
- plane Failure -

sheet (5)

(1) $d_r = 20\,mm \qquad P = 12\,ton \qquad \sigma_s = q_s = 0.8\,t/cm^2$

$$q_{sh} = \frac{P}{2A_r * n}$$

12 ton — + + + — 12 ton

Double shear

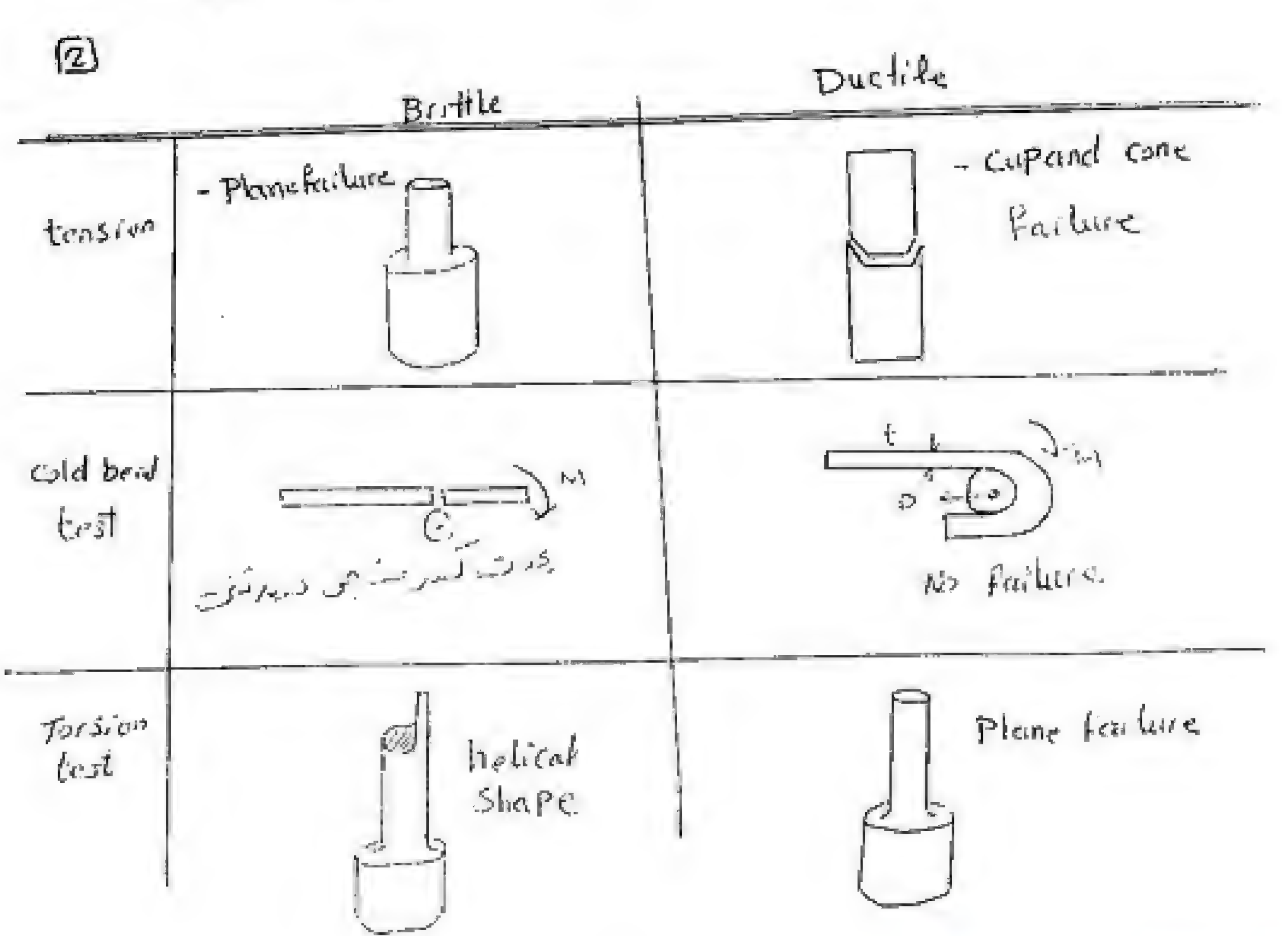
$$0.8 = \frac{12}{2A_r * n}$$

$$A_r * n = \frac{6}{0.8} = 7.5\,cm^2$$

$$A_r = \frac{\pi}{4}[2]^2 = 3.14\,cm^2$$

$$n = \frac{A_t}{A_r} = \frac{7.5}{3.14} = 2.38 \simeq 3\,\text{rivets}.$$

(2)



[3] $\tau_{all} = 60\ N/mm^2$

$T = 10\ KN.m$

sol

$$\boxed{\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} = \frac{\theta G}{L}}$$

بتتحفظ صم

then $\tau = \dfrac{16\,T}{\pi d^3}$ for solid shaft.

$$\frac{16 * 10 * 10^6}{\pi\ d^3} = 60 \Rightarrow d^3 = 848826.36\ mm^3$$

$d = 94.63\ mm \simeq \underline{9.5\ cm}$

b) for Hollow shaft $\dfrac{d_i}{} = \dfrac{7}{8}$

$$\boxed{\frac{T}{J} = \tau/r}$$

$$\tau = \frac{T * r}{J} = \frac{T * \frac{D}{2}}{\frac{\pi}{32}\left[D^4 - d^4\right]}$$

$$60\ (N/mm^2) = \frac{10 * 10^6\ (N.mm) * \frac{D}{2}}{\frac{\pi}{32}\left[D^4 - \left[\frac{7}{8}D\right]^4\right]} = \frac{5 * 10^6\ D}{D^4 * [0.04]}$$

$$\frac{0.04 * 60}{5 * 10^6} = \frac{1}{D^3} \Rightarrow D^3 = [127]^3\ mm \Rightarrow \underline{D = 12.7\ cm}$$

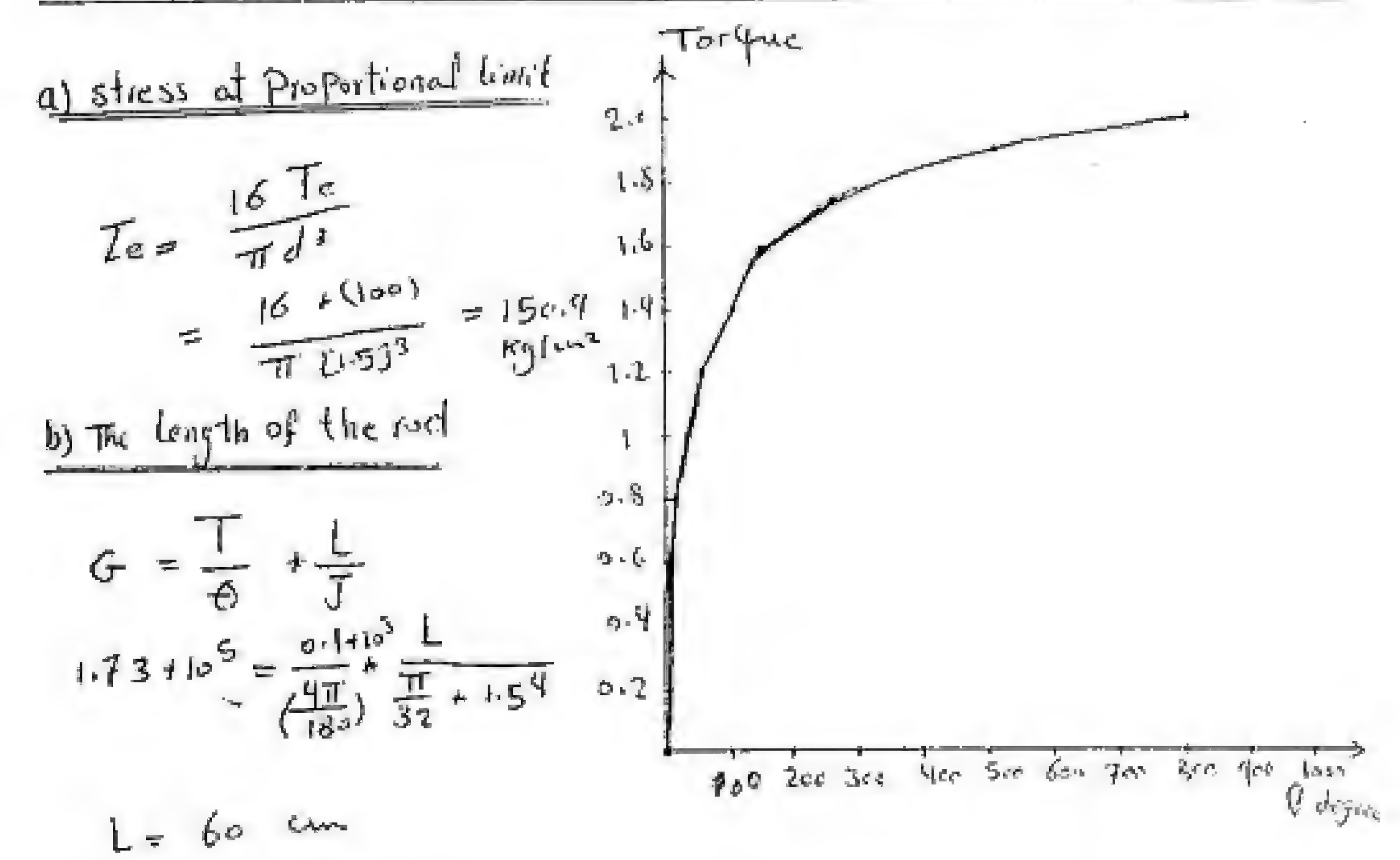
$d_{inner} = \frac{7}{8} * 12.7 = ø11.176\ cm$

shear distribution $\Longrightarrow$

4) $D = 15$ mm

$G = 1.73 \times 10^5$ Kg/cm²

Torque	ton.cm	0	0.4	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.75	1.9	2
θ	degree	0	4	8	20	50	100	150	250	500	800



a) stress at Proportional limit

$$\tau_e = \frac{16\, T_e}{\pi d^3}$$

$$= \frac{16 \times (100)}{\pi\, [1.5]^3} = 150.9 \text{ Kg/cm}^2$$

b) The length of the rod

$$G = \frac{T}{\theta} \times \frac{L}{J}$$

$$1.73 \times 10^5 = \frac{0.1 \times 10^3}{\left(\frac{4\pi}{180}\right)} \times \frac{L}{\frac{\pi}{32} \times 1.5^4}$$

$$L = 60 \text{ cm}$$

c) Modulus of Toughness.

$$M.o.T = \frac{\frac{2}{3}\, T\, \theta \text{ at rup.}}{vol} = \frac{2}{3} \times \frac{2000 \times 800 \left(\frac{\pi}{180}\right)}{60 \times \frac{\pi}{4}\, [1.5]^2}$$

(θr بالـ rad)

$$M.o.T = 1.0 \quad \text{Kg/cm}^2$$

[d]- Modulus of resilience in shear

$$M.o.R = \frac{\frac{1}{2} T \theta (RL)}{Vol}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} * [25.4 * 100] * \frac{3.64\pi}{180}}{\frac{\pi}{4} [2^2 - 1^2] * 30} = 0.2293 \ Kg/cm^2$$

[e] shearing Modulus of rupture or shearing strenght.

$$\tau_{max} = \frac{12 T_{max}}{\pi d^3}$$ for Ductile Mat. for solid shaft

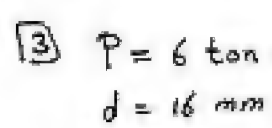
$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{2\pi r^2 t}$$ for hollow shaft

r mean radius.

t thickness.

$$\tau_{max} = \frac{53 * 100}{2\pi * [\frac{1.5}{2}]^2 * 0.5} = 2249.442 Kg/cm^2$$

sheet ⑥ shear test.

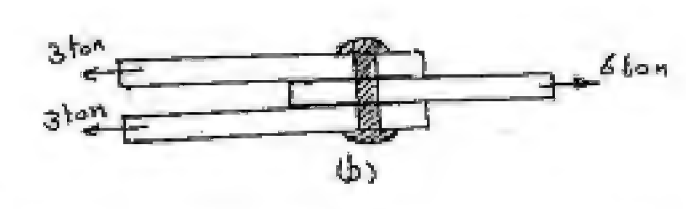


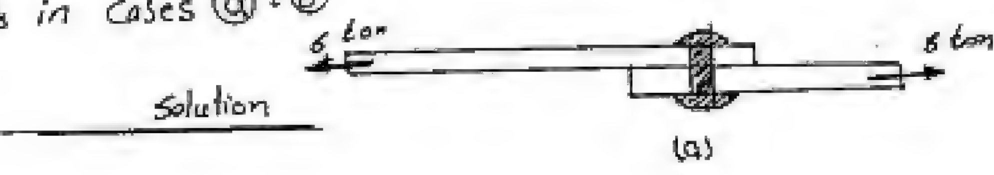
③ $P = 6$ ton

$d = 16$ mm

$\tau_{sh} = 0.84$ ton/cm^2

Find - No of rivets in cases ⓐ & ⓑ





Solution

- For case (a)

$$\tau = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{P}{\tau} = \frac{6.0}{0.84} = 7.14 \text{ cm}^2$$

$A = n\,a$ where $a \rightarrow$ cross area of one rivet
$n \rightarrow$ No. of rivets.

$$7.14 = n * \frac{\pi}{4}(1.6)^2 \; (2.01)$$

$$n = 3.55$$

No of rivets = 4.0 rivet.

. For case (b)

$$\tau = \frac{P}{2A} = \frac{6.0}{2A}$$

$$A = \frac{6.0}{2 * 0.84} = 3.571 \text{ cm}^2$$

$$A = n\,a$$

$$n = \frac{3.571}{2.01} = 1.77$$

No of rivets = 2.0 rivets *

B ashaft 500mm Diameter

- $L = 0.75$ m
- has a concentric hole drilled For a portion of its length.
- find D_i for hole and L_{max} of it

so that $T = 1.67$ KN.m, $\tau_{max} \leq 7.5$ MN/m²

$\theta \leq 1.5$ $G = 80$ MN/m²

solution

- For Case of max Shear $\frac{\tau}{r} = \frac{T}{J} = \frac{G\theta}{L}$ قانون عام

$$\tau = \frac{16 T D}{\pi (D^4 - D_i^4)}$$

$$\tau = \frac{T \frac{D}{2}}{\frac{\pi}{32}[D^4 - D_i^4)}$$

$$7.50 \times 10^6 = \frac{1.67 \times 10^3 \times \frac{0.5}{2}}{\frac{\pi}{32}[0.5^4 - D_i^4]}$$

Find $D_i = 0.4988$ m
$= 49.88$ cm

For Case of $\theta \leq 1.5$

$$\frac{T}{J} = \frac{G\theta}{L} \qquad \theta_r = \frac{\theta \times \pi}{180} = \frac{1.5\pi}{180} = 0.02617$$

$$L = \frac{G\theta J}{T} = \frac{80 \times 10^6 \times 0.02617 \times \frac{\pi}{32}[0.5^4 - 0.4988^4]}{1.67 \times 10^3}$$

$L = 73.58 \times 10^{-3}$ m $= 7.36$ cm #

⑤ a hollow steel shaft

$D_{ex} = 400\ mm$

Power = 9 MW.

$\omega = 120$ r.p.m.

$L = 2\ m$

$\theta = 0.45^\circ$

$G = 80\ GN/m^2$

Find D_i & τ_{max}

- Find D of The solid shaft which will Transmit The same Power at The same max stress.

<u>solution</u>

- Power $= T * \omega$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi * 120}{60} = 4\pi \text{ revolution.}$$

$$\text{- Find } T = \frac{Power}{\omega} = \frac{9 * 10^6}{4\pi} = 0.716 * 10^6\ N.m$$

$$\boxed{\frac{T}{J} = \frac{\theta G}{L}} \qquad \boxed{J = \frac{\pi}{32}\left[D^4 - D_i^4\right]}$$

$$J = \frac{T * L}{\theta G} = \frac{0.716 * 10^6 * 2.0}{\left(\frac{0.45\pi}{180}\right) * 80 * 10^9} = 2.28 * 10^{-3}\ m^4$$

$$2.28 * 10^{-3} = \frac{\pi}{32}\left[0.4^4 - D_i^4\right]$$

$D_i = 0.22\ m = 22\ cm$

$$\text{find } \tau_{max} = \frac{T * \frac{D}{2}}{J} = \frac{0.716 * 10^6 * \frac{0.4}{2}}{2.28 * 10^{-3}} = 6.28 * 10^7\ N/m^2$$

b) $T = 0.716 * 10^6$ N.m

$\tau = 6.28 * 10^7$ N/m²

$$\tau_{max} = \frac{16\ T}{\pi\ d^3}$$

$$6.28 * 10^7 = \frac{16 * 0.716 * 10^6}{\pi\ d^3}$$

$d^3 = 0.058$ $\qquad$ $d = 0.387$ m

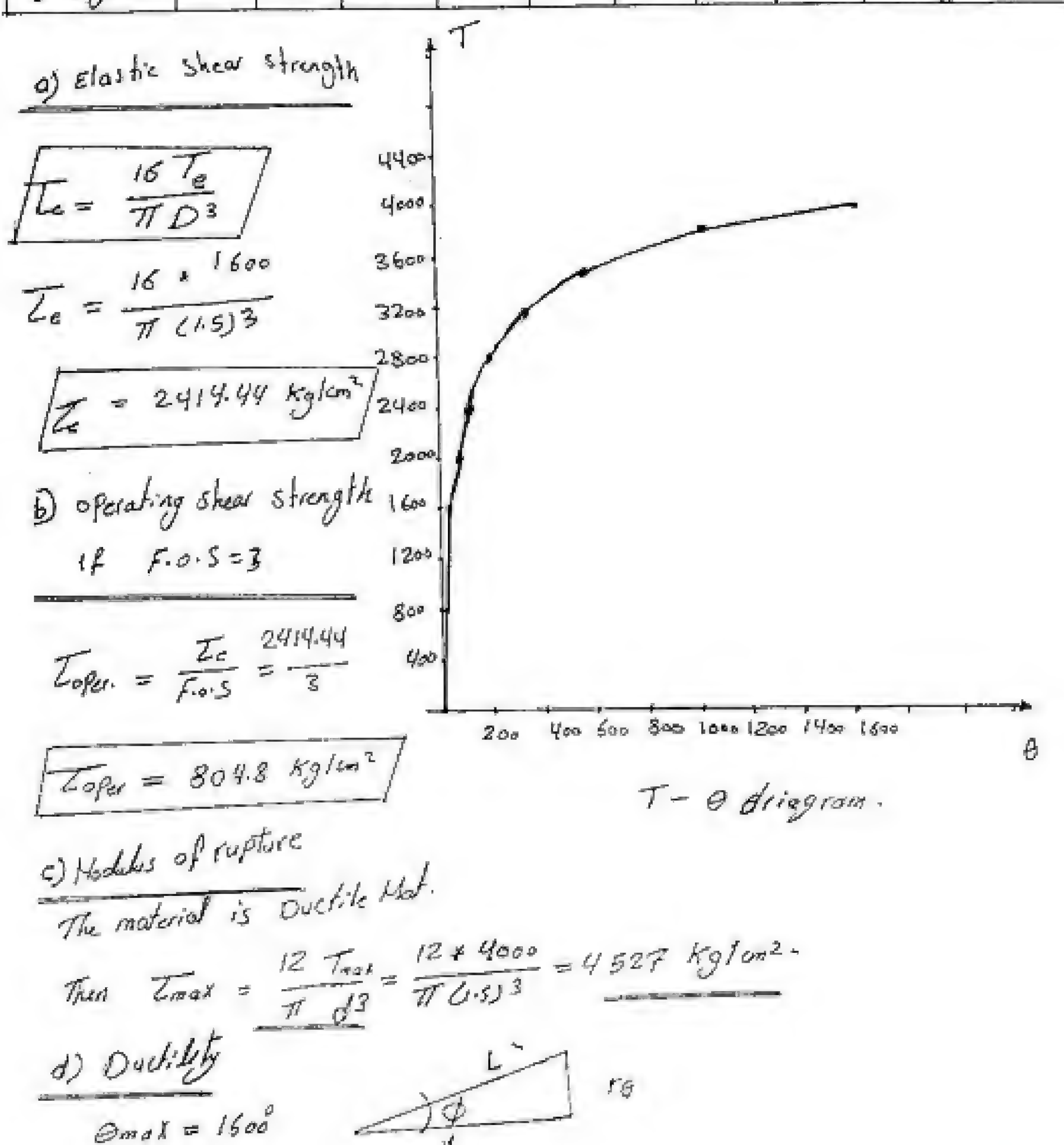
Diameter of solid shaft = 38.7 cm.

No [6] Torsion Test

Mild steel

$D = 15\ mm \qquad L = 15\ cm$

T (Kg. cm)	0	800	1600	2000	2400	2800	3200	3500	3800	4000
θ degree	0	6	16	40	100	200	300	500	1000	1600



a) Elastic shear strength

$$\tau_e = \frac{16\, T_e}{\pi D^3}$$

$$\tau_e = \frac{16 \times 1600}{\pi (1.5)^3}$$

$$\tau_e = 2414.44\ Kg/cm^2$$

b) operating shear strength if F.O.S = 3

$$\tau_{oper.} = \frac{\tau_e}{F.O.S} = \frac{2414.44}{3}$$

$$\tau_{oper} = 804.8\ Kg/cm^2$$

c) Modulus of rupture

The material is Ductile Mat.

Then $\tau_{max} = \frac{12\, T_{max}}{\pi\, d^3} = \frac{12 \times 4000}{\pi (1.5)^3} = 4527\ Kg/cm^2.$

d) Ductility

$\theta_{max} = 1600^{\circ}$

L` rθ φ L

$- L = 15\ cm$

$r = \frac{D}{2} = 0.75\ cm$

$\theta = \frac{1600\pi}{180} = 8.89\pi$

$L' = \sqrt{L^2 + (r\theta)^2} = \sqrt{15^2 + (0.75 * 8.89\pi)^2} = 25.7$

$$\boxed{\%\ elon = \frac{L' - L}{L} * 100} = \frac{25.7 - 15}{15} * 100 = 71.33\ \%$$

e) Modulus of ~~elas~~ resilience

$\text{Resilience} = \frac{1}{2} T_{p.l}\ \theta_{p.l}$

لازم θ_r تكون

$\underline{R} = \frac{1}{2} * 1600 * \left(\frac{16\pi}{180}\right) = \underline{223.4\ kg/cm}$

$\underline{MoR} = \frac{R}{Vol.} = \frac{223.4}{\frac{\pi}{4}(1.5)^2 * 15} = \underline{8.43\ kg/cm^2}$

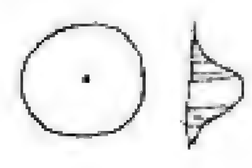
f) Modulus of Toughness

$T = \frac{2}{3} T_{max}\ \theta_{max}$

$T = \frac{2}{3} * 4000 * \frac{1600}{180}\pi = 74467.38\ kg.cm$

$\underline{MoT} = \frac{T}{Vol} = \frac{74467.38}{\frac{\pi}{4}(1.5)^2 * 15} = \underline{2809.33\ kg/cm^2}$

g) Draw The shear stress distribution on the rod cross section and shape of Fracture.



Faculty of Engineering

Civil Engineering

1st YEAR

1- => * Bending * <=

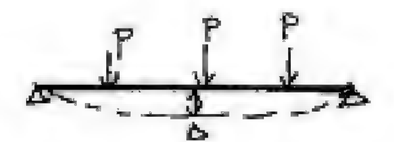
2- => * حل الشيت * <=

* == * == *

Static Bending test اختبار الانحناء الاستاتيكي

Examples of bending stresses

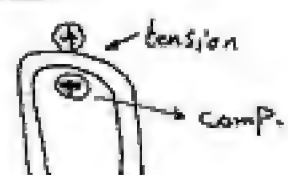
- Beams under transverse Loading



- Beams under axial eccentric Loading

- Bending moment

- differential temperatures اختلاف درجة الحرارة



- what is the Importance of bending أهمية اختبار الانحناء

- Bending test is used to obtain the mechanical Properties - ويفضل للأسباب التالية

١- أدق من اختبار stress concentration تركيز الإجهاد

٢- " " " عدم تجانس المواد

٣- يعطي قيم دقيقة للخصائص الميكانيكية بأحمال صغيرة

- assumption of simple bending Theory افتراضات نظرية الانحناء

1. The transverse section of the beam which are plane before bending will remain Plane during and after bending.
2. Radius of Curvature during bending is large compared to the transverse dimensions.
3. $\sigma_y = \sigma_z = 0.0$
4. E " young's modolous has The same value in tension and comp.

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI_x} = \frac{\sigma}{Ey} \Rightarrow \sigma = \frac{MY}{I}$$ بسيط

- Mechanical Properties in bending or flexural

(1) flexural strength σ

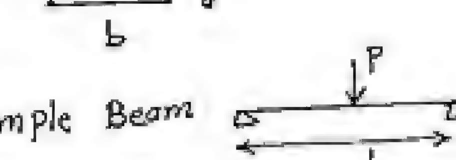
a) at The P.L

$$\sigma_{p.l} = \frac{M_{p.l}\,Y}{I}$$

$$I = \frac{b h^3}{12}$$

$$Y = \frac{h}{2}$$

$$M = \frac{PL}{4}$$ for simple Beam



b) at rupture σ_{max}

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}\,Y}{I}$$

[3] stiffness

$$E = \frac{PL^3}{48\,\Delta I}$$

$\Delta \rightarrow$ deflection.

$P \rightarrow$ up to P.L

$E \uparrow \longrightarrow$ material is more stiffer.

$E \downarrow \longrightarrow$ " " Less stiffer.

[4] Bending resilience

$$R = \frac{1}{2} P_{p.l} * \Delta_{p.l}$$

$$M.o.R = \frac{R}{Volume}$$

5 modulus of toughness

$$T = \frac{2}{3} P_{max} \cdot \Delta_{max}$$

ملحوظة - كلما زادت متانة المادة كلما زادت مقاومتها للكسر.

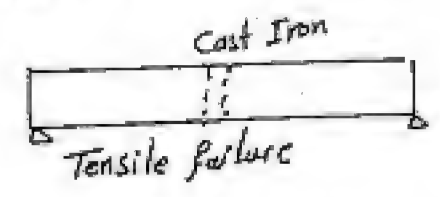
$$M.o.T = \frac{T}{Vol}$$

---

5 Failure of materials under Bending test.

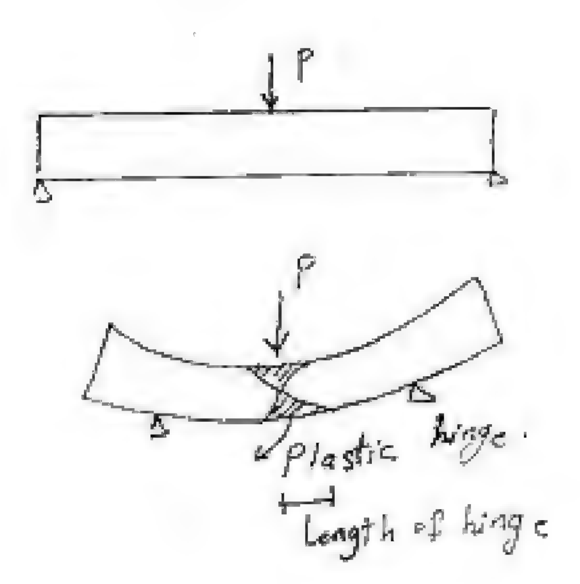
(1) **Brittle materials** :- Cast Iron and Concrete.

Failure occurs by Rupture suddenly and plane of failure is normal to the N.A of the beam . يكون الكسر عمودي على الكمرة.



(2) **Ductile materials** :- Doesn't rupture at all. ex steel.

- عند حدوث عزم الإنحناء والذي يكافئه plastic mom. ويسمى بالعزم اللدن للقطاع الذي يؤثر عليه سيؤدى إلى انتقال حدوث مرحلة اللدونة إلى أسفل بحيث الإجهاد المؤثر على الألياف إلى الإجهاد المتغير وتنتج plastic hinge ثم يحدث انحناء كبير للقضيب.



6 effect of variables

(1) type of loading — اختلاف الحمل يؤثر على معامل الكسر

a) In a simple span σ_{max} obtained from center loading.

b) In cantilever loading gives higher results than center loading.

P — simple loading; P — cantilever

$M = \frac{PL}{4}$ $M = \frac{PL}{2}$

c) Third point loading on a simple span give results less than the center loading.

L/3 P L/3 P L/3 — L

$M = \frac{PL}{3}$

(2) Specimen dimensions

If A → constant

$\sigma = \frac{MY}{I}$

L ↑ (تزيد) → σ_{max} ↓ (يقل) E ↓ when L ↓

L ↓ → σ_{max} ↑ (تزيد) → E ↓

3 The shape of X-section of beam.

مع ثبات المساحة وإختلاف شكل المقطع كلما زادت المساحة عند الجوانب العليا والسفلى يزيد σ_{max} بناءاً على زيادة الحمل اللازم للكسر

with the same inertia.

4 Test speed — Speed ↑ → strength ↑

Types of Tests

- Hot bend test

- يستخدم لقياس نسبة الكبريت في الحديد المطاوع

wrought Iron at 1000° C

- A quench-bend test الثني بعد التسقية

يستخدم لمعرفة نسبة الكربون

- A nick-bend test الثني بالحز

- تستخدم لعمل اختبار سريع وفحص التركيب البنائي للمادة ومعرفة العيوب الداخلية لها

- Cold bend test

- يستخدم للتحقق من مطيلية المادة ومعرفة نسبة الكربون والفوسفور

D

R

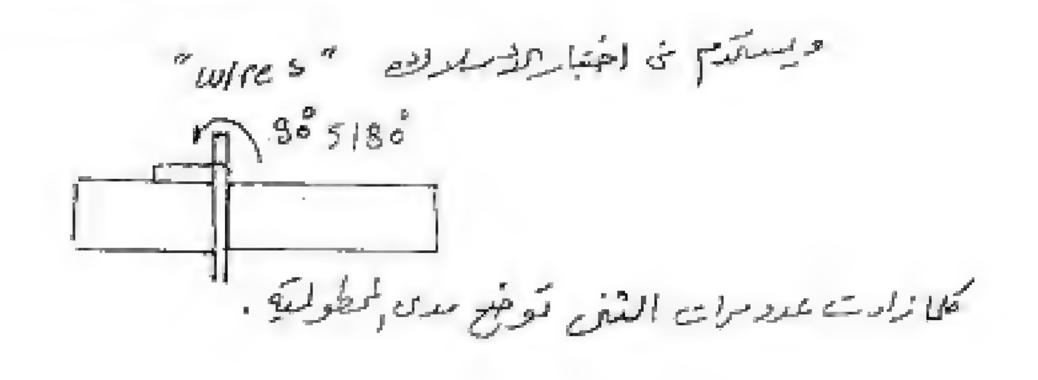
R = 1.5 D

or R = D

R

D

Sheet or Plates



Sheet [5] Static Bending

(1-3) تخطى

No [4] cast Iron beam
Central Load

$L = 80$ mm

$M.o.R = 0.196$ kg/cm²

P.L

Load (Kg)	150	300	450	600	750	900	1050	1100	
deflection (mm)	1.05	2.1	3.15	4.2	5.25	6.8	8.88	Failure	

[1] Draw - P-Δ Diagram.

a) find Diameter of cross section

resilience $= \frac{1}{2} P \Delta$ at P.L

$= \frac{1}{2} \times 750 \times \frac{5.25}{10}$

$R = 196.875$

$M.o.R = \frac{R}{volume}$

$Vol = \frac{R}{MoR} = \frac{196.875}{0.196} = 1000$ cm³

$Volume = \frac{\pi}{4}(D^2) \times L$

$1000 = \frac{\pi}{4}(D^2) \times 8.0$

$D^2 = 159$ cm² $D = 12.6$ cm

P, P.L, 1200, 1050, 900, 750, 600, 450, 300, 150, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Δ

b) Modulus of rupture

$\sigma_{ult} = \frac{M Y_{max}}{I}$

$M = \frac{PL}{4} = \frac{1100 \times 8}{4} = 2200$ Kg.cm

$Y = \frac{12.6}{2} = 6.3$ cm

$I = \frac{\pi}{64}(D^4) = \frac{\pi}{64}(12.6)^4 = 1237.2$ cm⁴

$\sigma_{ult} = \frac{2200 \times 6.3}{1237.2} = 11.2$ kg/cm²

c) Modulus of elasticity E

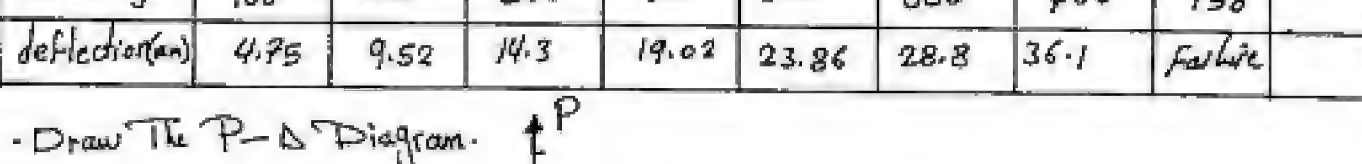
$$E = \frac{P L^3}{48 \Delta I} \quad \text{UP To P.L}$$

$$E = \frac{(150) * 8^3}{48 \left(\frac{1.05}{10}\right) * 1237.23} = 12.31 \ Kg/cm^2$$

---

[5] Timber beam

- Centrally Loaded
- $L = 90$ cm
- $b = 2.5$ cm $h = 5$ cm



Load Kg	100	200	300	400	500	600	700	750	
deflection(cm)	4.75	9.52	14.3	19.02	23.86	28.8	36.1	Failure	

- Draw The P–Δ Diagram.

a) $\sigma_{P.L}$ [Extreme fiber stress at P.L.]

$$\sigma_{P.L} = \frac{M_{P.L} * Y}{I}$$

$$M_{P.L} = \frac{P_{P.L} * L}{4} = \frac{600 * 90}{4}$$

$$M_{P.L} = 13500 \ kg.cm$$

$$Y = \frac{h}{2} = \frac{5}{2} = 2.5 \ cm$$

$$I = \frac{b h^3}{12} = \frac{2.5 * 5^3}{12} = 26.04$$

$$\sigma_{P.L} = \frac{13500 * 2.5}{26.04} = 1296 \ Kg/cm^2$$

b) Modulus of rupture

$$\sigma_{max} = \frac{M * Y_{(max)}}{I}$$

$$M = \frac{750 * 90}{4} = 16875 \text{ Kg.cm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{16875 * 2.5}{26.04} = 1620 \text{ Kg/cm}^2$$

c) Modulus of resilience

$$R = \frac{1}{2} P . \Delta \quad \text{at p.L}$$

$$R = \frac{1}{2} * 600 * \frac{28.8}{10} = 864 \text{ Kg.cm}$$

$$MOR = \frac{R}{Vol} = \frac{864}{[2.5 * 5] * 90} = 0.768 \text{ Kg/cm}^2$$

d) Modulus of toughness

$$T = \frac{2}{3} P_{max} \Delta_{max}$$

$$T = \frac{2}{3} * 750 * 36.1 = 15050 \text{ Kg.cm}$$

$$MOT = \frac{T}{Vol} = \frac{15050}{(2.5 * 5) * 90} = 13.38 \text{ Kg/cm}^2$$

e) Stiffness of material (E)

$$E = \frac{P L^3}{48 \Delta I} \quad \text{up. To. P.L}$$

$$E = \frac{(100) * 90^3}{48 \left(\frac{4.75}{10}\right) * 26.04} = 122778.9 \text{ Kg/cm}^2$$

(6) a cantilever 1.2 m

Steel Tube with $D_{ex} = 6$ cm

$D_{in} = 5$ cm

carry a conc. Load = W Kg

$\sigma_{max} \leq 1.3$ ton/cm²

Find "W"

Solution

$$\sigma_{max} = \frac{(W * L) * Y}{I} \quad \text{where } M = W * L$$

$$1.3 = \frac{W * 120 * \frac{6}{2}}{\frac{\pi}{64}[6^4 - 5^4]} = \frac{W * 360}{32.94} = 10.93 W$$

$W = 0.1189$ ton $= 118.9$ kg * $= W \leq 118.9$ Kg *

"Material"

= Compression Test... =

* إختبار الضغط *

Static Compression Test   إختبار الضغط الإستاتيكي.

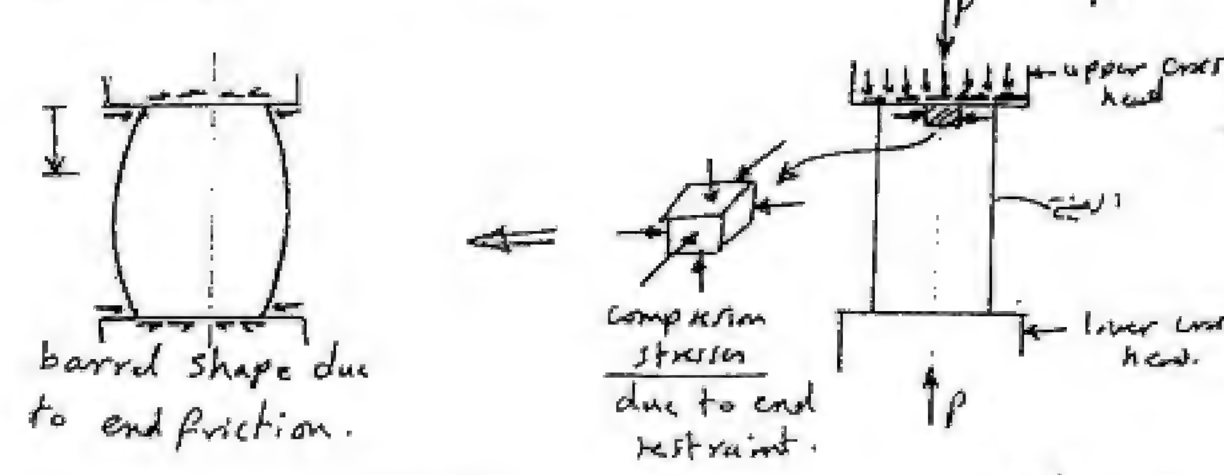
١- يستخدم كأساس للتعرف على خواص المواد غير المعدنية non-metalic material مثل
1- Concrete الخرسانة ، 2- Wood خشب ، stones الحجر ، etc. —
٢- يستخدم لحساب الخصائص الميكانيكية للمواد المعدنية وغير المعدنية.

** Limitations of Compression test   أوجه القصور لإختبار الضغط

(1) Difficulty of applying truely axial load
١- صعوبة التحميل بشكل محوري.

(2) End friction between the two end surfaces of test specimen and the two cross-head of testing machines.

* that friction prevent the lateral expantion and hold the specimen ends near its original dimension



* الإحتكاك بين سطحي العينة الطرفي وبين فكي الماكينة.
* هذا الإحتكاك يمنع حدوث تشكل عرضي (Lateral expansion) وتظل الأبعاد قريبة جدا من أبعادها الأصلية.
يقل هذا الإحتكاك كلما بعدنا عن فكي الماكينة فيحدث تفلطح للعينة ويسمى (barrel shape.)

3 - [illegible]able character of this test - ٣ - الطبيعة الغير متزنة لهذا الاختبار

4 - To obtain sufficient Degree of stability large specimen size is required which lead to the need for large capacity testing machines.

٤ - لكي يتم الحصول على درجة اتزان كافي بالعينة فإنك تحتاج إلى عينات ذات حجم كبير والعينات ذات الحجم الكبير تحتاج لماكينات ذات سعة عالية وصعبة في التصميم.

** Compression test specimen general requirements

المتطلبات العامة لعينة الاختبار في الضغط

① Shape of cross-section شكل المقطع للعينة

Round (circular) — rectangular — square cross-section.

العينات الدائرية مفضلة لأنها تمثل توزيع منتظم للإجهادات.

② Specimen Size :- حجم العينات

- Define as the ratio $\left(\frac{L}{A}\right)$ or $\frac{L}{d}$

- $\frac{L}{d}$ must be not too small not too large

يجب ألا تكون صغيرة جدا ولا كبيرة جدا

d

L

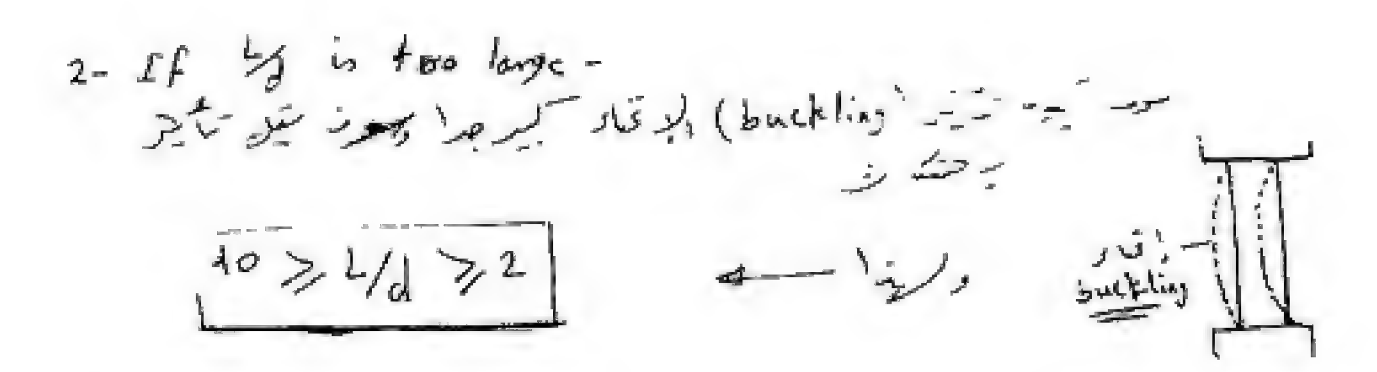
why?

1- If L/d is too small — سوف يكون تأثير الاحتكاك بين سطح العينة ومكان الماكينة كبير جدا وسوف يقل تأثير الانبعاج buckling

L/D too small

D

L



③ The specimen must have smooth flat end surface.

العينة يجب أن يكون سطحها ناعم ومستوي.

(1) إذا كان السطح غير مستوي يحدث local stresses إجهادات مركزة تسبب حدوث إنهيار كلي local failure في نقطة (1) ويكون الحمل الكلي صغير جدا.

(1)

flat smooth surface

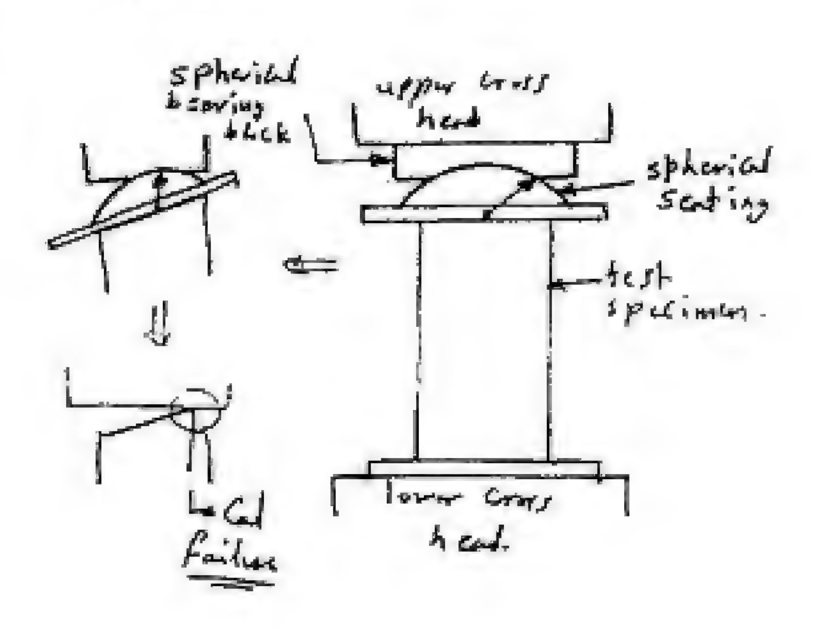
to overcome the flatless and parallelless between the two surfaces of test specimen.

للتغلب على عدم الاستواء وعدم التوازي بين سطحي العينة.

→ use spherical seating block

هذه الكرة تؤدي إلى أن الحمل يكون عمودي على سطح العينة تماما حتى لو لم يكن (flat) مستوي حيث تميل الكرة مع ميل السطح.

وهذا يمنع حدوث الإنهيار المحلي local failure



** Behaviour of materials under Compression

1) Ductile materials (mild steel)

(1) barrel shape الشكل البرميلي

(أ) بسبب الاحتكاك بين سطح العينة وسطح الماكينة

(ب) يقل تأثير الاحتكاك كلما ابتعدنا عن سطح الماكينة فيحدث تفلطح يسمى (barrel).

(2) flattening of the specimen استواء العينة

تتفلطح العينة ، حدث تفلطح & حتى يزداد نسبة الانضغاط (contracting) ثم يصبح تعتبر العينة استوت

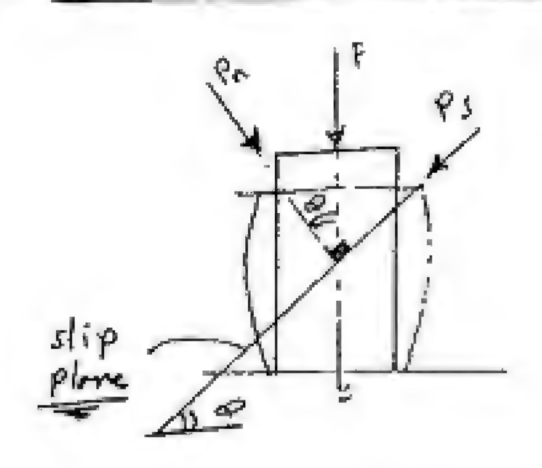
** failure without fracture انهيار بدون كسر

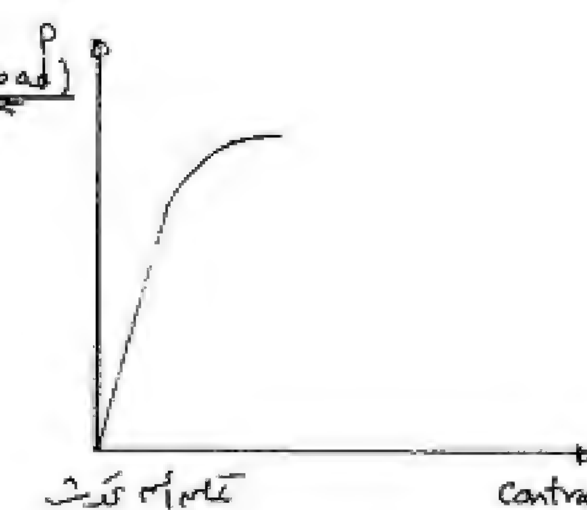
* يحدث للعينة أيضاً yielding

** الخواص الميكانيكية نفس المعادلات المستخدمة في اختبار الشد بالنسبة لـ

ductile material

② Semi – Ductile metals :– (Brass)





1- yield point may exist

تعليمات تنش
نقطة معنى

انكماش

2- Fracture is due to shear stress along an angle

$$\boxed{\theta = 45 + \frac{\phi}{2}}$$

where ϕ :- angle of internal friction.

In Brass $\boxed{\theta \cong 50^\circ}$ $\phi \cong 10^\circ$

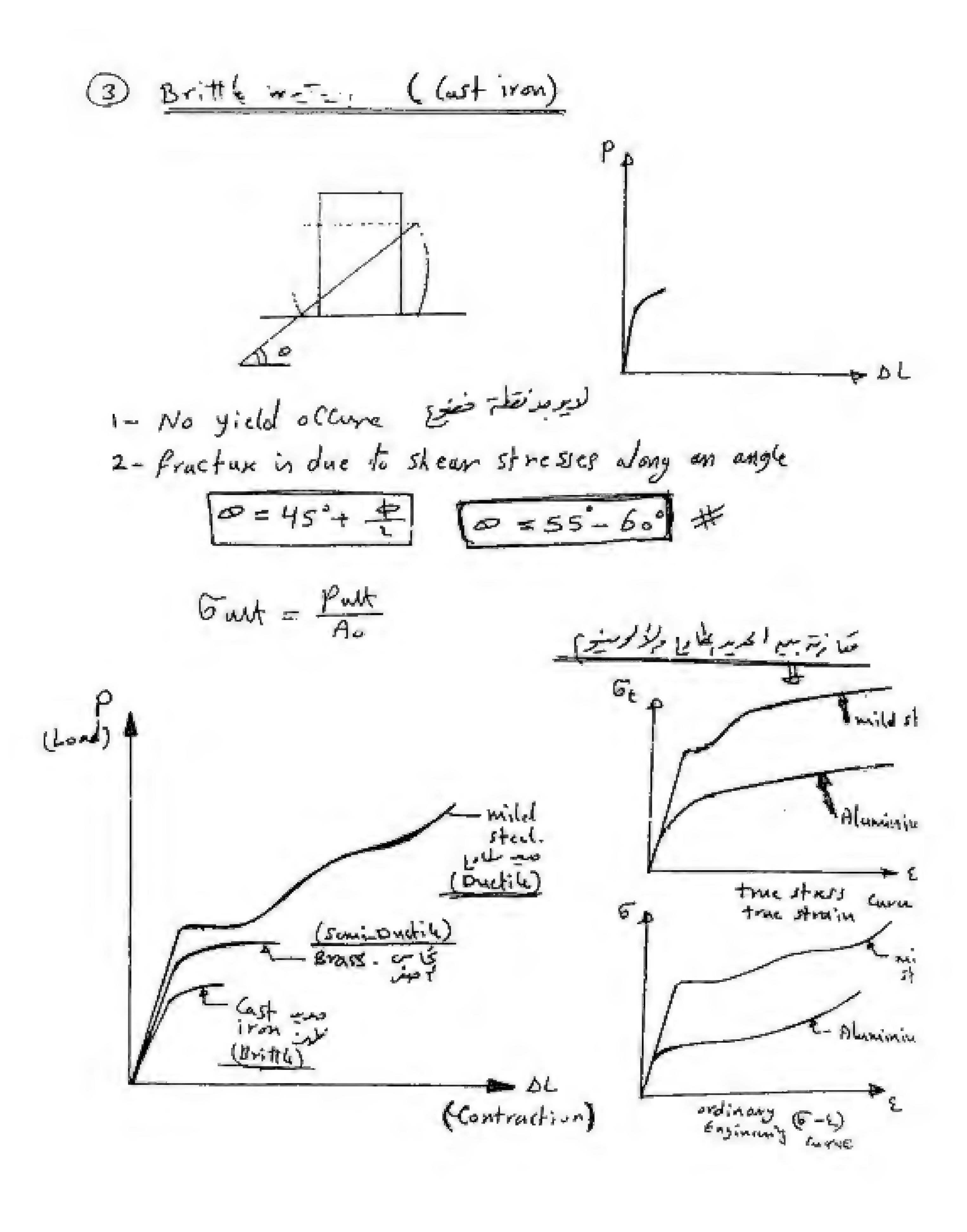
* ultimate strength ($\sigma_{ult} = \sigma_{fracture}$)

$$\sigma_{ult\,max} = \frac{P_{ult\,max}}{A_o}$$

P_{max} :- max applied load.

A_o :- Initial cross-section area.

Fracture occurs at maximum loading. #


③ Brittle material (cast iron)
P
ΔL
1- No yield occure
2- fracture is due to shear stresses along an angle
θ = 45° + φ/2
θ ≈ 55° - 60° #
σult = Pult / Ao
P (Load)
mild steel.
(Ductile)
(Semi-Ductile)
Brass.
Cast iron
(Brittle)
ΔL (Contraction)
mild st
Aluminium
true stress true strain curve
ordinary Engineering (σ-ε) curve

* Engineering ($\sigma - \varepsilon$)

$$\sigma = \frac{P_i}{A_o} \quad , \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$

* True ($\sigma_t - \varepsilon_t$)

$$\boxed{\sigma_t = \frac{P_i}{A_i}} \quad \# \quad , \quad \varepsilon_t = \ln\left(\frac{A_i}{A_o}\right)$$

$$\# \quad \boxed{\varepsilon_t = 2\ln\left(\frac{d_i}{d_o}\right)}$$

Malleability الطرقية

* the deformation occured in the material under the comp. Load before fracture. التشكل الذي يحدث تحت تأثير الضغط قبل الكسر.

① %age contraction $= \frac{L_o - L_f}{L_o} * 100\ \%$

② %age increase in cross-section $= \frac{A_f - A_o}{A_o} * 100\ \%$

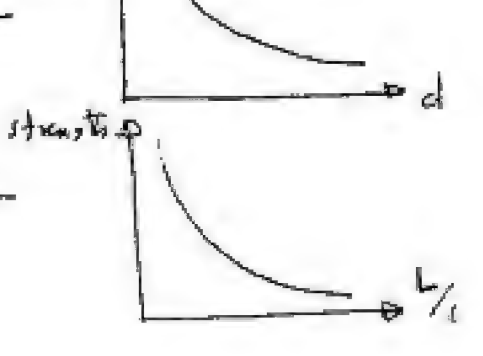
** Effect of test Variables

① Loading rate (test speed) سرعة التحميل

كلما زاد معدل التحميل تزداد (strength) المتانة وتقل الطرقية (Malleability)

② specimen size . حجم العينة

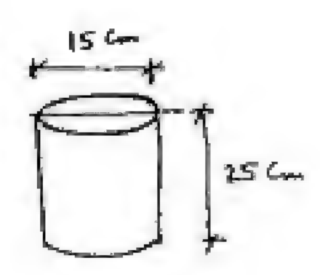
← كلما زاد حجم العينة تزداد حجم العيوب (imperfection) الموجودة وبالتالي تقل المتانة وتزداد ductility



← كلما زاد طول العينة بالنسبة لقطرها يزداد تأثير buckling وبالتالي تقل المقاومة وتزداد ductility .

#

1



$P_{max} = 250$ kN

$\Delta L_{max} = 0.05$ Cm

- $\sigma_{max\ ult} = \frac{P_{max}}{Area} = \frac{250}{\frac{\pi}{4} * (15)^2} = 1.414$ kN/Cm^2

$= \underline{1414.71 \text{ N/Cm}^2}$

- % Contraction $= \frac{L_o - L_f}{L_o} * 100$ %

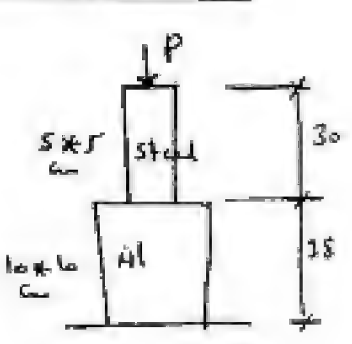
$= \frac{0.05}{25} = 0.2$ % $\longrightarrow$ Brittle material (Concrete)

- Secant Modulus of elasticity (E)
at $\sigma = 455$ N/Cm^2 and $\Delta L = 0.0075$ Cm

$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.0075}{25} = 3 * 10^{-4}$

$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{455}{3 * 10^{-4}} = 1.5166 * 10^{6}$ N/Cm^2 #

2



$P = ??$

$\Delta L_T = 0.25$ mm $= 0.025$ Cm

$E_{st} = 210$ kN/mm^2 , $E_{Al} = 70$ kN/mm^2

$\sigma = E\epsilon \Rightarrow \frac{P}{A} = E\frac{\Delta L}{L} \longrightarrow$

$\boxed{\Delta L = \frac{PL}{EA}}$ $\boxed{\Delta L_T = \Delta L_{st} + \Delta L_{Al}}$

$$\Delta L_T = \frac{P L_{st}}{E_{st} A_{st}} + \frac{P L_{Al}}{E_{Al} A_{Al}} = P\left[\frac{L_{st}}{E_{st} A_{st}} + \frac{L_{Al}}{E_{Al} A_{Al}}\right]$$

$$0.25 = P\left[\frac{300}{210 \times 50 \times 50} + \frac{380}{70 \times 100 \times 100}\right] \Longrightarrow$$

$$\boxed{P = 224.36 \text{ KN}} \;\#$$

---

[3]

$A = 10 \text{ cm}^2$

$L = 20 \text{ cm}$

elastic ← | → plastic (P.L, E.L)

Load (kg)	0	2700	6750	10100	12500	17500	20000	27000
Decrease in hight (mm)	0	0.055	0.1375	0.205	0.255	0.365	0.445	0.7

(a)- $\sigma_{ult} = \frac{P_{ult}}{A_o} = \frac{27000}{10} = 2700 \text{ kg/cm}^2$ #

(b)- $M.o.R = \frac{1}{2} * \sigma_{p.L} * \varepsilon_{p.L}$

$$= \frac{1}{2} * \frac{6750}{10} * \frac{0.1375}{200} = 0.232 \text{ kg/cm}^2 \;\#$$

(c)- $\sigma_{e.L} = \frac{P_{e.L}}{A_o} = \frac{6750}{10} = 675 \text{ kg/cm}^2$ #

(d)- $E = \frac{\sigma_{e.L}}{\varepsilon_{e.L}} = \frac{675}{\frac{0.1375}{200}} = 981818.18 \text{ kg/cm}^2$ #

(e)- $M.o.T = \left(\frac{\sigma_y + \sigma_{max}}{2}\right) * \varepsilon_{max}$

$$= 0.5\left(\frac{6750}{10} + \frac{27000}{10}\right) * \frac{0.7}{200} = 5.9 \text{ kg/cm}^2 \;\#$$

(f) % Contraction $= \frac{L_o - L_f}{L_o} * 100\,\% = \frac{0.7}{2} * 100 = 0.35\,\%$ #

"Material"

Static Bending Test....

Static bending Test: اختبار الانحناء

Cases of bending :-

Case (1)

- Beam under vertical loads.

Case (2)

- Beams under external applied moment.

Case (3)

- Beam under eccentric force.

Case (4)

- Beam under different temperature.

* What are the importance of bending test:-

(stress concentration)

* assumption of bending theory:-

... after bending.

2- pure bending moment is assumed

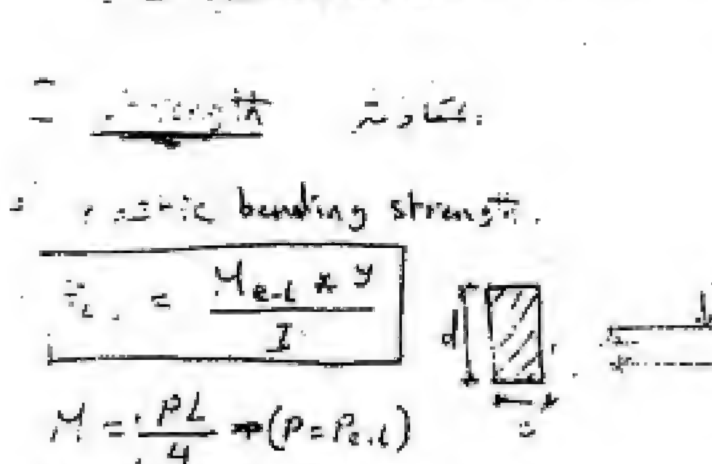
3- material have same characteristic in tension & compression $E_t = E_c$

4- radius of curvature beam during bending is large compared to the transverse dimensions.

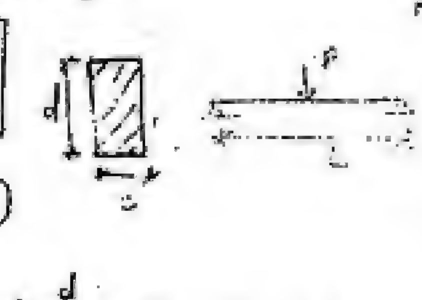
Mechanical properties in bending (flexural) -

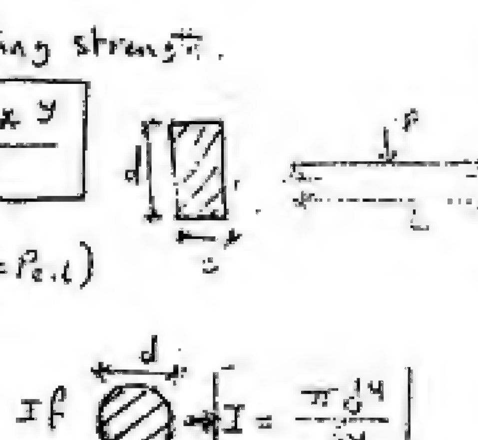
① Strength

a) Elastic bending strength.



$$f_{e.L} = \frac{M_{e.L} * y}{I}$$



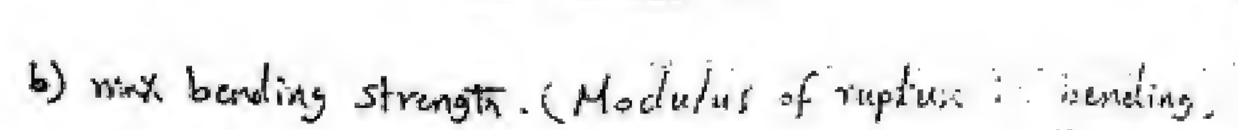


$M = \frac{PL}{4} \Rightarrow (P = P_{e.L})$

$y = \frac{d}{2}$

$I = \frac{bd^3}{12}$ If [circle] $\Rightarrow I = \frac{\pi d^4}{64}$

b) max bending strength. (Modulus of rupture in bending)



$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * y}{I}$$

$M_{max} = \frac{P_{max} * L}{4}$, $y = \frac{d}{2}$, $I = \frac{bd^3}{12}$

② stiffness in bending (Modulus of elasticity)

$$\delta = \frac{PL^3}{48 EI} \Rightarrow E = \frac{PL^3}{48 \delta I}$$

③ ... in bending

$$R = \frac{1}{2} * P_{p.L} * \delta_{p.L}$$

$$M.R = \frac{R}{V} = \frac{1}{2} \frac{P_{p.L} * \delta_{p.L}}{A * L}$$

④ Toughness المتانة :-

T = total area under P-δ curve.

$$T = \frac{2}{3} P_{max} * \delta_{max} \quad \Longrightarrow \quad M.o.T = \frac{T}{V} = \frac{\frac{2}{3} P_{max} * \delta_{max}}{\ldots}$$

* fracture in bending :- الكسر بالانحناء.

① for Brittle materials . للمواد القصفة

EX :- Cast iron الحديد الزهر , concrete الخرسانة

For concrete $\sigma_t = 0.1\ \sigma_c$

Cast iron $\sigma_t = 0.25\ \sigma_c$

where :- σ_t مقاومة الشد , σ_c مقاومة الضغط

P

crack Growth

point of failure

failure is due to crack Growth due to tension and is sudden failure.

② for ductile materials . المواد المطيلة

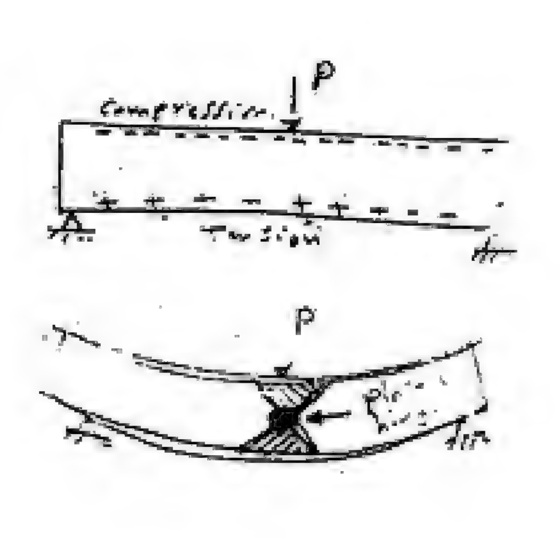
EX (mild steel) . الحديد الصلب

steel doesn't rupture at all.

* عند وصول عزم الانحناء لقيمة تسمى بالعزم اللدن تتولد مفاصل

في منطقة الإجهاد ... yielding تسمى

(plastic hing) حيث يحدث انهيار للقضيب ولا ينكسر ويعتبر هذا هو الانهيار



* Effect of variables . تأثير المتغيرات

① Types of bending :- أنواع التحميل

3-P Load

4-P Load

$pL/4$

... 4-point ... this due to ... size ...

* in 3-point bending only a small volume of the beam is subjected to σ_{max}.

* in 4-point bending a much larger volume is subjected to σ_{max}.

② Specimen dimension :- أبعاد العينة

a) if specimen size ↑ strength ↓ due to increase ... impurities

b) Span of beam :-

L ↓ σ_{ult} ↑ E ↓

c) Shape of cross section :- شكل القطاع

P

with same Area

③ test speed :- سرعة الاختبار

as test speed ↑ strength ↑

* Types of tests :-

- ... bend test :- ... لحديد علاوي ...

... of ...

- A quench-bend test :- لمعرفة نسبة الكربون .

- A nick-bend test :- تستخدم على اختبار سريع ... التركيب ... لمعرفة العيوب الداخلية لـ.

* **Cold bend test :-** إختبار الثني على البارد.

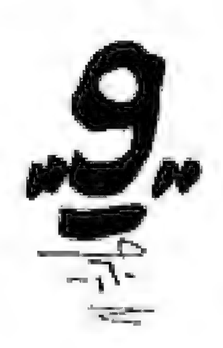
هو إختبار لقياس مطولية المادة
material Ductility.
ويمكن منه معرفة نسبة الكربون والفوسفور.

$R = D$ If $D \leq 25$ mm.

$R = 1.5D$ If $D > 25$ mm.

يستخدم : إختبارات الأسلاك (wire)

* كلما زادت عدد مرات الثني توضح مدى المطيلية.



Material

Static shear & Torsion test

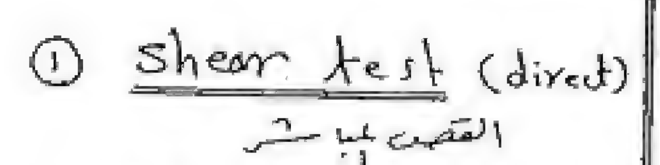
إختبار القص واللى

إختبار القص الساكن. Static shear and torsion test

① Shear test (direct)

القص المباشر

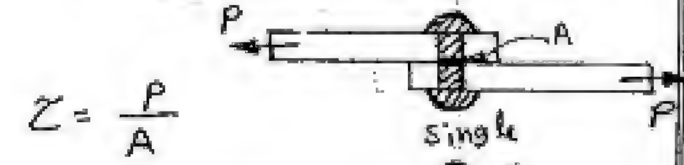
a) Single shear. (القص المفرد)



$$\tau = \frac{P}{A}$$

single

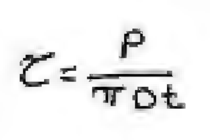
b) double shear (القص المزدوج)

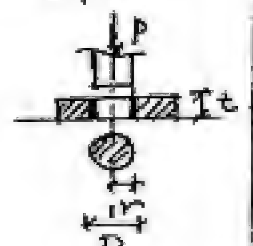


$$\tau = \frac{P}{2A}$$

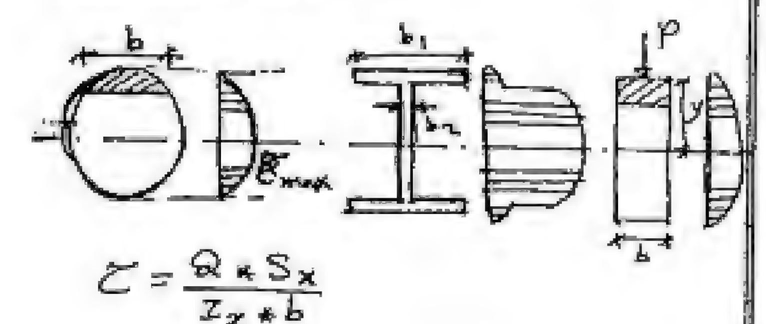
c) Punching shear. (القص بالثقب)

$$\tau = \frac{P}{\pi D t}$$





*shear in beams :-



$$\tau = \frac{Q * S_x}{I_x * b}$$

Q :- shear force

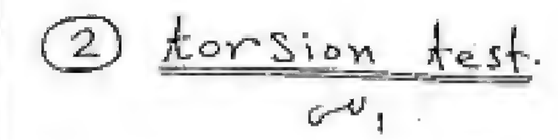
S_x :- 1st moment of Area $= A \cdot y$

I :- 2nd " " "

b :- width.

② torsion test.

اللي



$$r\phi = \gamma \cdot L \rightarrow \gamma = \frac{r\phi}{L}$$

γ :- shear strain.

G :- Shear Modulus of rigidity.

(G ~ E) (Modulus of elasticity) تقابل

$$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{\text{shear stress (torsion)}}{\text{shear strain}}$$

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{r\phi}{L} \qquad \tau = \frac{T}{J} r$$

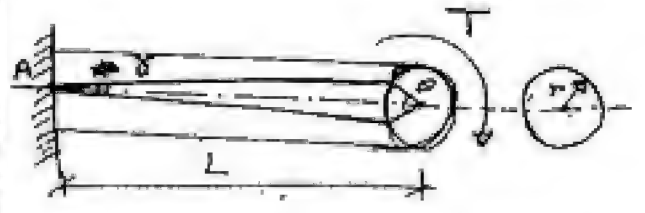
$$\frac{\tau}{r} = \frac{G\phi}{L} = \frac{T}{J}$$ → General equation for torsion.

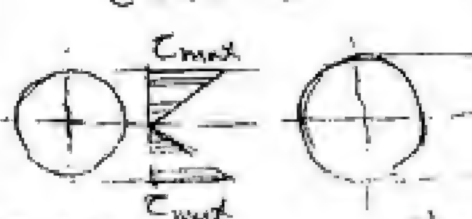
$$\tau = \frac{T}{J} r = \frac{G\phi}{L} r = G\gamma$$ #

J :- Polar moment of inertia.

$$J = \frac{\pi}{32} D^4$$ # For elastic Torsion

$\tau \propto r$ #





torsion stress.

shear stress.

* Mechanical properties in Torsion test

(1) elastic shear strength مقاومة القص المرن

$$\tau_e = \frac{T_e}{J} r \quad \text{where} \quad J = \frac{\pi}{32} * d^4$$

T :- Torque moment
d :- diameter

$$\tau_e = \frac{T_e * d}{2 * \frac{\pi}{32} d^4} = \frac{16\, T_e}{\pi d^3} \Longrightarrow \boxed{\tau_e = \frac{16\, T}{\pi d^3}} \#$$

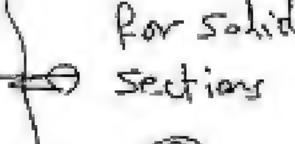
(2) ultimate Torsional shear strength

τ_{max} is determine experimentally.

a) $\tau_{max} = \dfrac{12\, T_{max}}{\pi d^3} \Longrightarrow$ for ductile materials.

b) $\tau_{max} = \dfrac{14\, T_{max}}{\pi d^3} \Longrightarrow$ for Brittle materials.

} $\Rightarrow$ for solid sections



c) $\tau_{max} = \dfrac{4\, T_{max}}{\pi d^2 t} \Longrightarrow$ for hollow sections

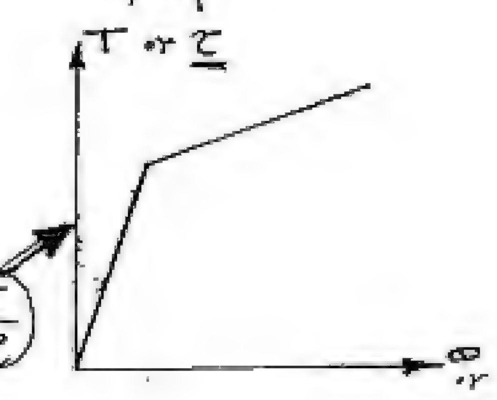
(3) Modulus of rigidity "G"

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \Rightarrow \quad \tau = \frac{T}{J} r$$

$$\gamma = \frac{r \theta}{L}$$

$$G = \frac{T * r}{J} * \frac{L}{r * \theta} = \frac{T * L}{J * \theta} = \frac{L}{J} * \frac{T}{\theta}$$

const.

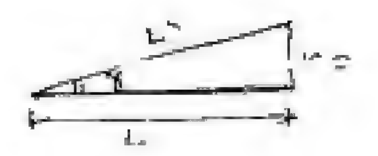


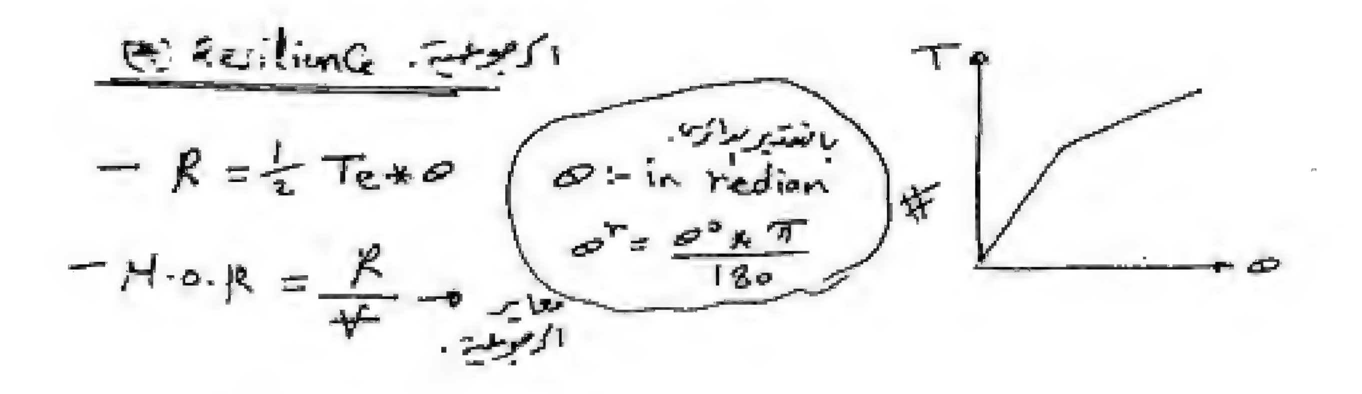
(4) Ductility

a) θ_{max}

as $\theta_{max} \uparrow$ Ductility $\uparrow$

or $\% \text{ elongation} = \frac{\Delta L}{L_o} * 100 = \frac{L' - L_o}{L_o} * 100 \%$





(4) Resilience الرجوعية

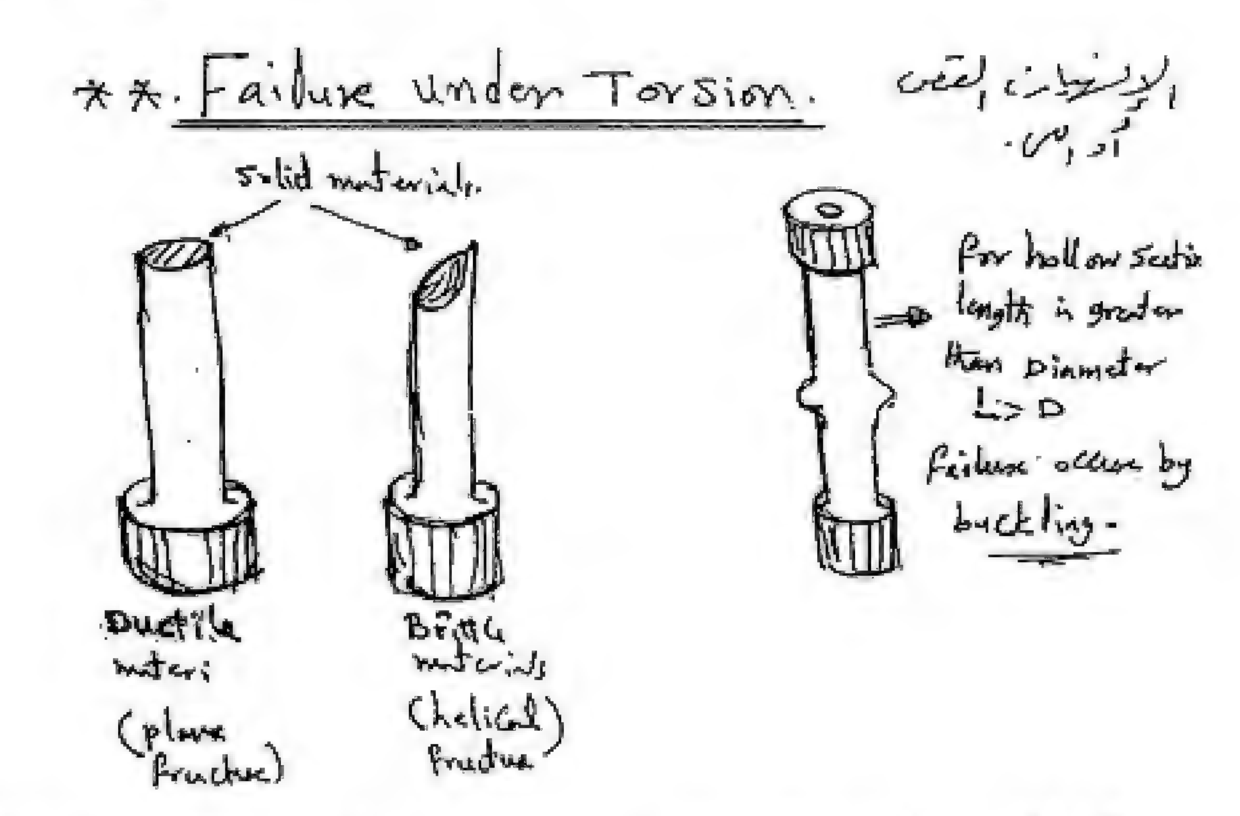
- $R = \frac{1}{2} T_e * \theta$

- $M.o.R = \frac{R}{V}$ → معاير الرجوعية

(5) Toughness المتانة

- $T = \frac{2}{3} * T * \theta$

- $M.o.T = \frac{T}{V}$



** Failure under Torsion. الإنهيار تحت اللي.

* For brittle mat. (Cast iron) :- tensile strength < shear strength

* ruputure occur due to tensile separation along ahelical surface

الإنهيار حيث نتيجة إجهاد الشد على سطح حلزوني حيث ٤٥°.

(1)
Given

(Douple shear)

$d_{rivet} = 20\ mm = 2\ cm$

$\tau_{all} = 0.8\ t/cm^2$

Req

n:- no of bolts . عدد مسامير التقام المقص

Solution الحل

$\tau = \frac{Q_{max}}{(2) * A} \Rightarrow 0.8 = \frac{12}{2 * A} \Rightarrow A = \frac{12\ 6}{2 * 0.8} = \frac{60}{8} = 7.5\ cm^2$

(2) for double shear.

A ↓ المساحة الكلية التي تقاوم القص

$A_{total} = n * A_{rivet} \Rightarrow n = \frac{A_{tot}}{A_{rivet}} = \frac{7.5}{\pi * (2)^2 / 4} = 2.38$

(n: عدد المسامير)

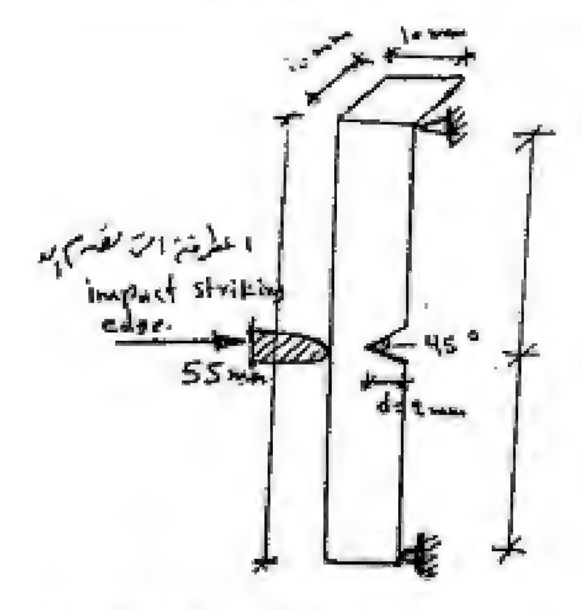
take no of bolts = 3 bolts #

(2)

	Ductile materials المواد المطيلة	Brittle materials المواد القصفة
(1) Tension الشد	Cup & Cone failure	tensile fracture or plane failure.
(2) Cold bend test اختبار الثني على البارد	No failure لا يحدث كسر	يحدث الكسر دون ثني
(3) Torsion الالتواء	plane failure انهيار مستوي نتيجة لاجهادات القص	helical failure انهيار حلزوني نتيجة لاجهادات الشد

Notched bar impact test

Charpy Test.

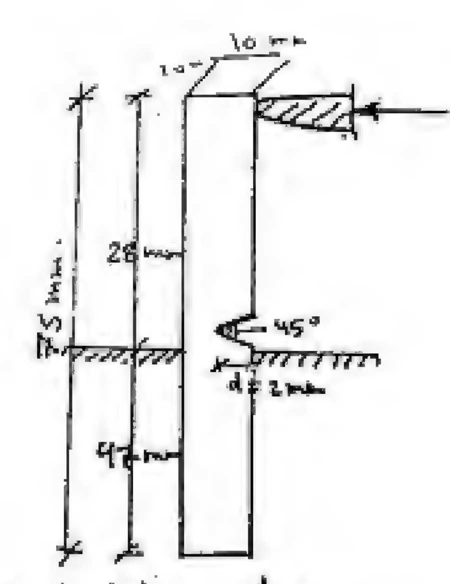


* simple supported beam.

10 * 10 * 55 mm. ← العينة

* المطرقة تصدم العينة من خلف notch ، حيث إن الانفصال يتيح معرفة طاقة الصدم (I.V) من العلاقة مباشرة.

IZod Test.



* Cantilever beam.

10 * 10 * 75 mm ← العينة

* المطرقة تصدم العينة من أمام الـ notch حيث إن التشوه يتيح معرفة طاقة الصدم (I.V) من العلاقة مباشرة.

---

1. Why charpy and IZod specimens are notched?

حتى يحدث الانهيار مفاجئ في منطقة الـ notch الضعيفة كما يحدث في المواد القصفة (brittle materials) تقوم بزيادة قابلية التكسر بسهولة خصوصاً في المواد المطيلة حيث لو لم يوجد notch عليها لم يسبب تشكل في العينة وليس الانهيار.

2. Why Charpy specimens are stricked behind the notch while IZod specimens are stricked in front of notch?

حتى تكون الـ notch منطقة الشد العالية وبالتالي تكون التكسر سهل في عينات الاختبار.

(3) <u>Given</u>

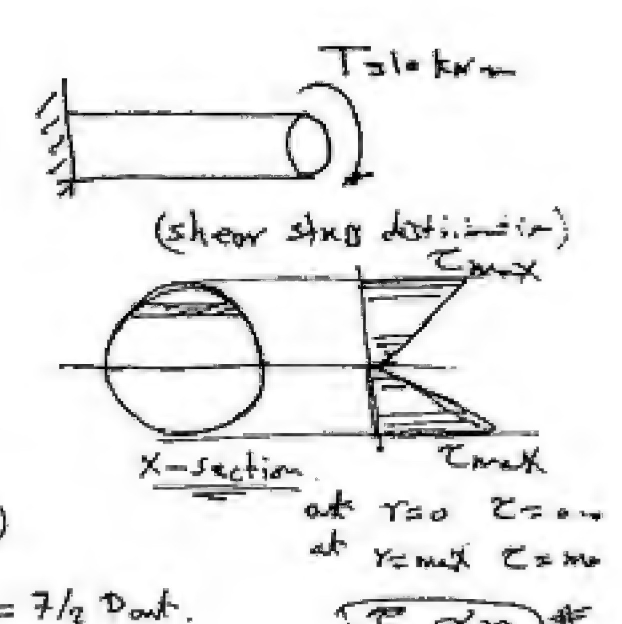
- $\tau_{all} = 60\ N/mm^2$
- $T = 10\ kN \cdot m$
- linear elastic behaviour.

→ Draw stress distribution (shear) along the shaft (X-section)

Req

1 - $d = ??$ (solid circular shaft)

2 - Hollow circular shaft has $D_{in} = 7/8\ D_{out}$.



solution

$$\boxed{\tau = \frac{T \cdot r}{J}} \Longrightarrow \tau = \frac{T \times d}{2 \times \frac{\pi}{32} d^{4}} = \frac{16\,T}{\pi\, d^3}$$

$$60 \times 10^3 = \frac{10 \times 16}{\pi \times d^3} \Longrightarrow d^3 = 0.8488 \times 10^{-3}$$

(kN/m²)

$$\Longrightarrow d = 0.095\ m \Longrightarrow \boxed{d = 9.5\ cm}\ \#(1)$$

- for Hollow shaft

T

$$J = \frac{\pi}{32}\left(D_{out}^4 - D_{in}^4\right)$$

$$\tau = \frac{T \times d_{out}}{2 \times \frac{\pi}{32}\left(D_{out}^4 - \frac{7}{8} D_{out}^4\right)}$$

$$\tau = \frac{T \times d_{out}}{2 \times \frac{\pi}{32} D_{out}^{3}\left(1 - \frac{7}{8}\right)}$$

$$60 \times 10^3 = \frac{10 \times 16}{\pi \times 0.125 \times d_{out}^3} \Longrightarrow d_{out}^3 = 0.00679 \Longrightarrow d_{out} = 0.189$$

$$\boxed{d_{out} = 18.9\ cm}\ \# \qquad \boxed{d_{in} = \frac{7}{8} \times 18.9 = 16.57\ cm}$$

"Material"

Hardness of Metals

= "الصلادة" =

صلادة المعادن   Hardness of metals

* Definition of hardness :- تعريفات الصلادة .

1- صلادة العلامة (Indentation hardness)

- هي مقاومة المادة لحدوث علامة دائمة بها تحت تأثير أحمال إستاتيكية أو ديناميكية
(مثال: مقاومة صلادة المطارق المعدنية)

2- صلادة الإرتداد (Rebound hardness)

- هي قدرة المادة على امتصاص الطاقة الناتجة من أحمال الصدم وإعادتها مرة أخرى بعد زوال الحمل (يستلزمه صلادة السوست Springs)

3- صلادة الخدش (Scratch hardness)

- هي مقاومة المادة لحدوث خدوش بها .

4- صلادة التآكل (Abrasion (wear) hardness)

- هي مقاومة سطح المعدن للبرى أو التآكل نتيجة الإحتكاك . (صلادة عجلات القطارات Railways)

5- صلادة التشغيل بالماكينات (Machinability hardness)

- هي مقاومة المواد لعمليات التشغيل بالماكينة (مثل مقاومة المواد لعمليات القطع والثقب ...)

** Static Indentation Hardness test **

إختبار صلادة العلامة الإستاتيكية :-

تعتبر إختبارات صلادة العلامة من الإختبارات الغير متلفة (Non distructive test)

(1) Brinell Hardness test :-

* إختبار صلادة العلامة بطريقة برنل .

الإختبار :-

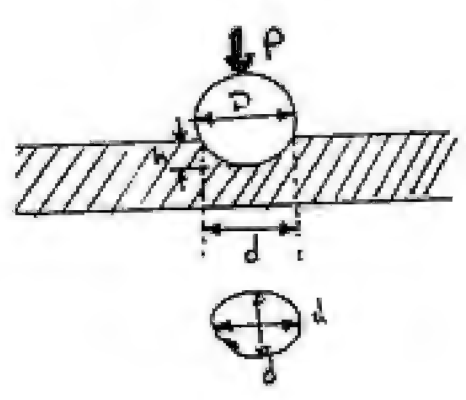
تتلخص طريقة الإختبار في ضغط كرة من الصلب قطرها (D) مم بحمل قدرة (P) كجم ثم قياس الأثر الناتج "d" مم أو "h" مم الناتج من هذا الضغط على سطح قطعة الإختبار وذلك بعد إزالة الحمل المؤثر.

* Indentor used :- سبب الإنغراز أداة الغلاة

- Hardness steel ball of diameter 1, 2, 5, 10 mm.

كرة من الصلب المصلد بأقطار ١، ٢، ٥، ١٠ مم.

* Load used :- الحمل المستخدم



$P = 3000$ kg for hard metals.

$P = 1500$ kg for metals of intermediate hardness.

$P = 500$ kg for soft materials.

$P = 100$ kg for very soft materials.

* Brinell Hardness number * رقم برنل للصلادة.

$$B.H.N = \frac{P}{\pi D h}$$

بدلالة "h" عمق الأثر، مساحة الأثر، الحمل

$$B.H.N = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}\left[D - \sqrt{D^2 - d^2}\right]}$$

where :- P :- applied load (kg) حمل الإختبار بالكجم

D :- Diameter of steel ball (mm) قطر كرة برنل.

d :- average diameter of indentation (mm)

متوسط قياس قطر الأثر في إتجاهين متعامدين.

h :- depth of impression (indentation) mm. عمق الأثر مم.

- يعتبر الأثر مناسب لحساب رقم برنل إذا كانت قيمة قطرة تتراوح من (٠,٢٥ ← ٠,٥) من قطر الكرة .

$d/D = (0.25 - 0.5) = 0.375$ المتوسط

* كيفية حساب حمل الإختبار

- يوجد تناسب بين حمل الإختبار "P" وقطر كرة برنل "D"

$$k = \frac{P}{D^2}$$

"k" ثابت يختلف باختلاف نوع المعدن .

$k = 30$ for steel.

$k = 10$ for Copper and Al. alloy.

$k = 5$ for Al.

علاقة (B.H.N) بـ إختبار الشد

تجريبياً

- ultimate tensile strength of steel = 0.36 B.H.N kg/mm²

$$\sigma_{ult} = 0.36 * B.H.N \quad kg/mm^2$$

- Precautions of Brinell test احتياطات إستخدام إختبار برنل

١- لا يستخدم في العينات شديدة الصلادة حيث حيث تتشكل الكرة وبالتالي لا يعبر عن الصلادة الحقيقية .

٢- لا يستخدم في العينات الرقيقة (thin specimen) حيث تزداد (d/D) عن المسموح به .

٣- لا يستخدم في العينات المصلدة في السطح حيث يزداد عمق الأثر عن طبقة التصلد وبالتالي لا يعبر عنها .

٤- لا بد من مسافة (2.5d) من الحواف وبين أي علامة وأخرى حتى لا يحدث تأثر

٥- سطح المعدن لا بد أن يكون نظيف ومصقول (clear & polished)

٦- زمن التحميل (15 - 30 sec)

* effect of variables

a) the indentation was made near the edge :-

يكون التأثير الناتج أكبر من الحقيقي وبالتالي يكون رقم
برينل ليس مثل المعدن المختبر حيث يكون أقل من الرقم الحقيقي
حيث لا توجد مادة كافية تقاوم اختراق الكرة .

(B.H.N decrease.)

x

$x \not< 2.5d$.

b) the indentation was made near an old one :-

يكون التأثير الناتج إما أكبر أو أقل من التأثير الحقيقي معتمداً على خواص المعدن

(B.H.N increase)

$x \not< 2.5d$

x

old indentation

new one

c) Rate of loading معدل التحميل

1- Slow rate

يكون التأثير الناتج أكثر حقيقة يعبر عن صلادة المعدن حيث يكون التحميل (15-30 sec)

2- High rate

يكون التأثير الناتج أقل من التأثير الحقيقي وبالتالي يزداد رقم برينل ولا يعبر عن الصلادة الحقيقية

(B.H.N increase)

② Vickers Hardness test :-   إختبار فيكرز

* يجرى هذا الإختبار بنفس طريقة برنل ولكن الجسم المحدث للأثر ليس كرة من الصلب ولكنه هرم من الماس رباعي القاعدة. المستويات تتقابل عند الرأس بزاوية (θ) قدرها (١٣٦°) ويقيس بعد ذلك قطر الأثر الناتج d_1, d_2.

* indentor used   مسبب الأثر

square - based pyramid

* Load used . الحمل المستخدم

$P = 1 \rightarrow 120 \ kg_f$

حسب صلادة المعدن - سمك المعدن - أبعاد قطعة الإختبار

** Vickers Hardness Number :-

$$V.H.N = \frac{2P \sin \theta/2}{d^2} = 1.854 \frac{P}{d^2}$$

P

العينة

d_1 d_2

$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

where :- $P \rightarrow$ applied load (kg_f)

$d \rightarrow$ average diagonal of indentation.

متوسط قطر الأثر الناتج

ملاحظة

إذا حدث إختلاف للتحميل مع ثبوت الهرم الماسي فإنه في هذه الحالة لا يؤثر على إختلاف قيمة رقم فيكرز للصلادة

حيث أن رقم فيكرز ثابت للمعدن الواحد مهما إختلفت الأحمال المؤثرة عليه.

* Uses of V.H test   إستخدامات إختبار فيكرز

١- يستخدم للمواد شديدة الصلادة (Very hard metals)
٢- يستخدم أيضاً للمواد قليلة الصلادة ورقيقة السمك V.thin spec ذات التي لا يصلح لها إختبار برنل.

* Advantages of V.H.t

١- لا يحدث تشكل للهرم الماسي لأنه شديد الصلادة عكس إختبار برنل عليه يحدث تشكل للكرة.

٢- الأثر يكون واضحاً نظراً لحروف الهرم الحادة وبذلك يمكن قياس قطر الأثر بسهولة وبدقة أكثر من برنل.

٣- يمكن الحصول على نتيجة دقيقة لرقم فيكرز للمعدن المختبر وذلك مع إستخدام حمل صغير الى ما حمال متوسطة صغيرة.

لذلك يفضل إختبار صلادة المعادن بطريقة فيكرز عن طريقة برنل.

(3) RockWell Hardness test

تستخدم ماكينة خاصة لإجراء هذا الإختبار.

Sheet No. (6)

No. "4"

Given steel specimen

Brinell	Vickers
Load = 3000 kg	Load = 100 kg
B.H.N = 262	V.H.N = 263

Key

- Calculate the diameter and diagonal in the test. (BCN)
- get σ_{ult} If ($k = 30$)

(solution)

① for (B.H.t)

$$B.H.N = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} \qquad \text{take } \frac{d}{D} = 0.375$$

$$262 = \frac{3000}{\frac{\pi}{2} D\left(D - \sqrt{D^2 - (0.375 D)^2}\right)}$$

$\Rightarrow$ get $D = ✓$ Diameter
$d = 0.375 D = ✓$ diagonal.

$\boxed{\sigma_{ult} = 0.36 \; B.H.N}$ & $k = \frac{P}{D^2} \Rightarrow \boxed{P = k * D^2}$

From $P \rightarrow$ get (B.H.N)

② for (V.H.t)

$$V.H.N = 1.854 \frac{P}{d^2} \Rightarrow \left(263 = 1.854 \frac{100}{d^2}\right)$$

$\Rightarrow$ get $d = ✓$

اختبار الصلادة بالقرب من أثر اختبار قديم

(2) Hardness test made near an old indentation.

يكون حجم الأثر الناتج أقل من الحقيقي ومن ثم يزداد رقم برنل عن الرقم الحقيقي.

B.H.N → increase

أثر قديم — old indentation — x — أثر حديث

$x \nless 2.5d$

عيوب اختبار برنل (B.H.t)	مميزات اختبار فيكرز (V.H.t)
- لا يستخدم للعينات شديدة الصلادة.	١- يستخدم للعينات الشديدة الصلادة
- يستخدم للعينات قليلة الصلادة ورقيقة السمك	٢- يستخدم للعينات قليلة الصلادة ورقيقة السمك
- لا يستخدم للعينات الصلدة على السطح.	٣- يستخدم للعينات الصلدة على السطح.
- لا يمكن الحصول على قيمة دقيقة لرقم برنل مع تغير الحمل.	٤- يمكن الحصول على قيمة دقيقة لرقم فيكرز مع تغير الحمل.
* State the limitation (عيوب) of (B.H.t)? * Discuss the advantage of Vickers test in comparison with Brinell test?	* What are the relative advantage of Vickers hardness test compared to Brinell's hardness test..?

"Material"

Impact

= التصادم =

ads :- apply load suddenly or with shock

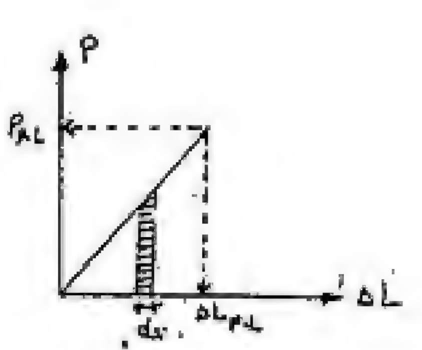
تطبيق الحمل فجأة أو بحدوث صدمة .

elastic strain energy :- The energy absorbed in a body , when the strain is in elastic limit state.

- هي الطاقة المختزنة بواسطة العينة عندما تكون الانفعال في حد المرونة .

* for Gradually applied load :-

strain energy = $P \frac{\Delta L}{2}$ = Area under curve up to ΔL_{PL}



$\because \delta = \frac{P \cdot L}{E A} = \frac{P}{A} \cdot \frac{L}{E} = \frac{\sigma \cdot L}{E}$

U (strain energy/unit volume) = $\frac{P \delta}{2} / A l$.

$U = P \times \frac{\sigma l}{2E} / A l = \frac{\sigma^2}{2E}$

$\therefore U = \frac{\sigma^2}{2E}$ ⟹ Modulus of resilience. معاير المرونة

---

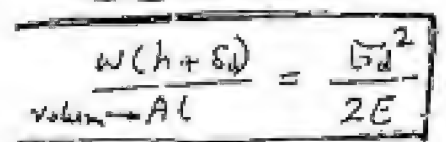
[1] Tensile impact stress

الإجهاد الصدمي بالشد.

* سقوط ثقل مقداره (w) من مسافة (h) يحدث شد على العضو

(δ)

(External work = internal work.)



$\frac{w(h+\delta_d)}{A l} = \frac{\sigma_d^2}{2E}$ (volume → $A l$)

$\delta_d = \frac{\sigma_d L}{E}$ *

where :-

w :- impact load.

h :- falling hight.

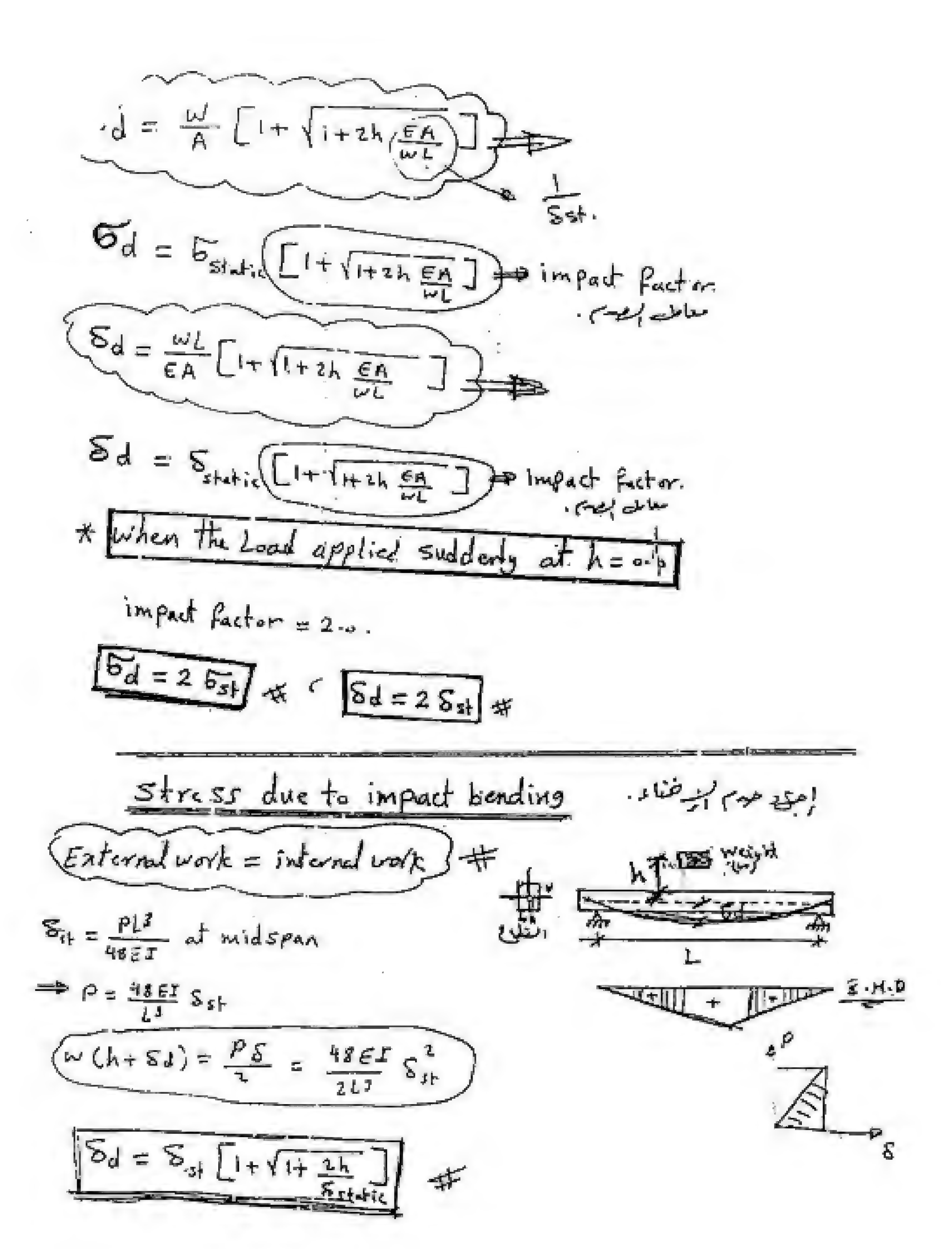
E :- Modulus of elasticity

A :- Cross section Area

L :- length of bar.

σ_d :- dynamic stress due to impact

δ_d :- " extension " " "



$$\sigma_d = \frac{W}{A}\left[1+\sqrt{1+2h\frac{EA}{WL}}\right]$$

$\frac{EA}{WL} \rightarrow \frac{1}{\delta_{st}}$

$$\sigma_d = \sigma_{static}\left[1+\sqrt{1+2h\frac{EA}{WL}}\right]$$ → impact factor. معامل الصدم.

$$\delta_d = \frac{WL}{EA}\left[1+\sqrt{1+2h\frac{EA}{WL}}\right]$$

$$\delta_d = \delta_{static}\left[1+\sqrt{1+2h\frac{EA}{WL}}\right]$$ → impact factor. معامل الصدم.

* when the Load applied suddenly at $h = 0.0$

impact factor = 2.0.

$\sigma_d = 2\,\sigma_{st}$ # , $\delta_d = 2\,\delta_{st}$ #

Stress due to impact bending

إجهاد صدم أثر انحناء.

External work = internal work #

$\delta_{st} = \frac{PL^3}{48EI}$ at midspan

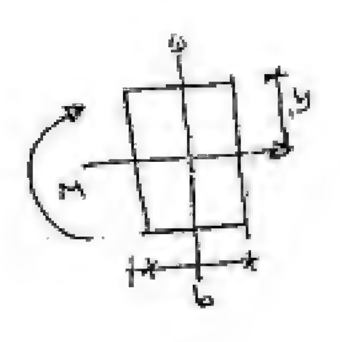
$\Rightarrow P = \frac{48EI}{L^3}\,\delta_{st}$

$$W(h+\delta_d) = \frac{P\delta}{2} = \frac{48EI}{2L^3}\,\delta_{st}^2$$

$$\delta_d = \delta_{st}\left[1+\sqrt{1+\frac{2h}{\delta_{static}}}\right]$$ #

Max stresses

$\sigma = \frac{M_{max}\, y}{I}$, $M_{max} = \frac{P \times L}{4}$



$$\boxed{\sigma_d = \frac{12\, E\, y}{L^2}\, \delta_d}$$ #

Strain energy :-

$U = \frac{1}{6} * \frac{\sigma^2}{E} * \frac{I}{Ay^2} * AL$

where $U = \frac{1}{2} P\delta$ → Resilience . المرونة

$M.R = \frac{1}{6} * \frac{\sigma^2}{E} * \frac{I}{Ay^2}$ where $M.o.R_{st} = \frac{\sigma^2}{2E}$

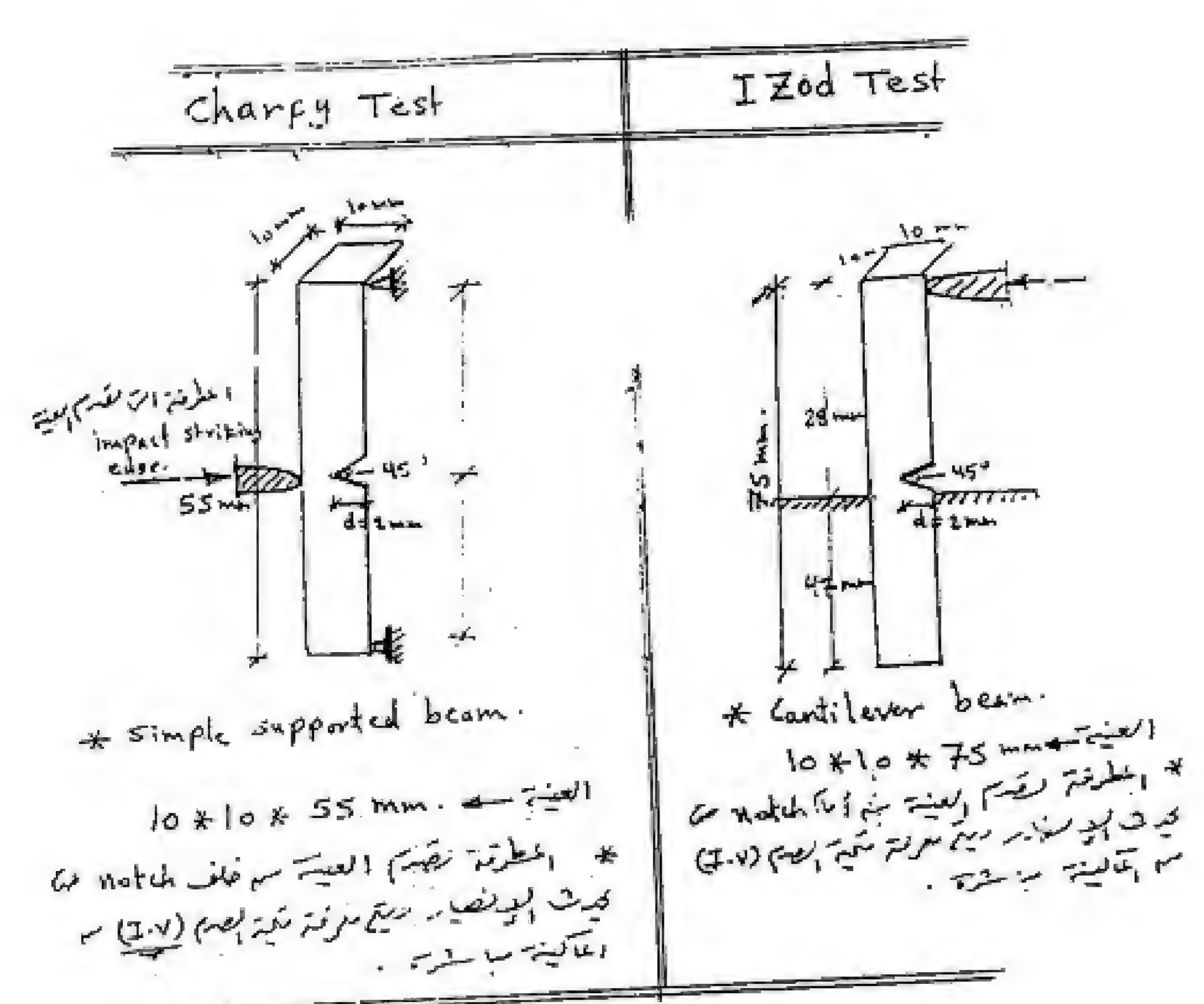
$\frac{I}{Ay^2}$ = Const.

$\frac{I}{Ay^2} = 1/3$ for ▨ or ▨ rectangular or square sec.

$\frac{I}{Ay^2} = 1/4$ for ● circular sec.

→ $M.o.R = \frac{1}{18} \frac{\sigma^2}{E} = 1/9 * M.o.R_{st}$

→ $M.o.R = \frac{1}{24} \frac{\sigma^2}{E} = \frac{1}{12} * M.o.R_{st}$ #



1. why charpy and Izod specimens are notched..?

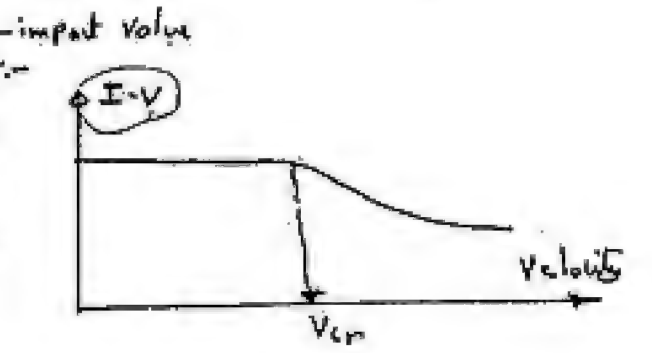
حتى يحدث الانهيار مفاجئة في منطقة الـ notch الضعيفة كما يحدث في المواد القصفة (brittle materials) تكون بذلك قابلة للكسر بسهولة خصوصا في المواد المطيلة حيث لم يوجد notch عليها لا يسبب تشكل في العينة وسبب الانهيار.

2. why charpy specimens are stricked behind the notch while Izod specimen are stricked in front of notch.?

حتى تكون الـ Notch منطقة الشد العالية وبالتالي يكون الكسر سهل في عينات الاختبار.

Effect of variables on impact ...

1 Velocity of hammer on (I.V) :-



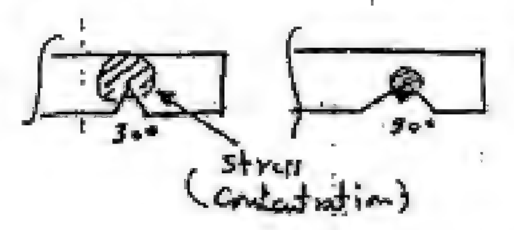
نلاحظ أنه لا يحدث تغيير في قيمة (I.V) عند نظام معين من السرعات حتى نصل إلى سرعة معينة بعدها تقل (I.V) . قيمة السرعة .

2 notch Geometry on (I.V) :-

(1) Root radius

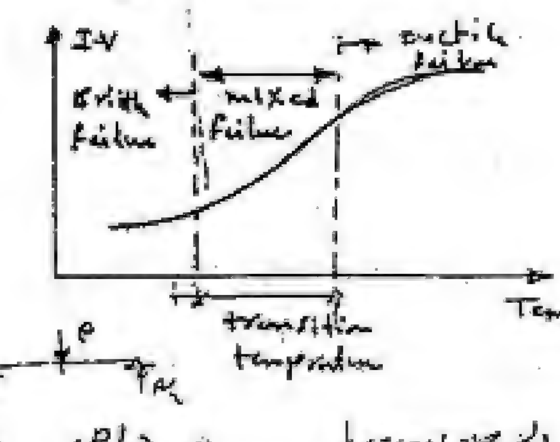
كلما قلت قيمة (Root radius) يزداد تركيز الإجهادات في notch لذلك تقل قيمة (I.V) وتقل المطاطية والمقاومة لحدوث الكسر .

(2) angle of notch



كلما قلت زاوية notch يزداد تركيز الإجهادات وبالتالي يحدث الانهيار عند قيمة صغيرة من (I.V) .

3 effect of temprature :-



* يلاحظ أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد (I.V) حيث أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد المطولية ductil لذلك تزداد المطاطية والمقاومة للكسر ويزداد (I.V) .

4 Stress concentration factor.

معامل تركيز الإجهادات .

$$K_t = 1 + 2\sqrt{D/\rho} = \frac{\text{stress at notch}}{\text{applied stress}}$$

$$M = \frac{PL}{4}$$

الإجهاد بعيد عن notch $\sigma_N = \frac{My}{I}$

$$\sigma_N = \frac{\left(\frac{PL}{4}\right) \cdot y}{I} \Longrightarrow \text{الإجهاد بعيد عن notch}$$

local stress $\sigma_L = \sigma_N \times K_t$ الإجهاد عند notch

For semi-circular or circular notch.

$D = \rho \Rightarrow K_t = 3$

$$\boxed{\sigma_L = 3\sigma_N}$$

If $\rho \to 0 \Rightarrow$ crack, $\sigma_L \cong \infty$

Hardness of metals صلادة المعادن.

* هي مقاومة سطح المادة لحدوث تشكيل دائم به.

* Indentation Hardness test. صلادة العلامة.

مقاومة المادة لحدوث علامة بها.

(1) Brinell Hardness test. اختبار الصلادة بطريقة برنل

steel ball كرة من الصلب

$$B.H.N = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}\left[D - \sqrt{D^2 - d^2}\right]}$$

P :- الحمل (kg)

D :- قطر الكرة. (mm)

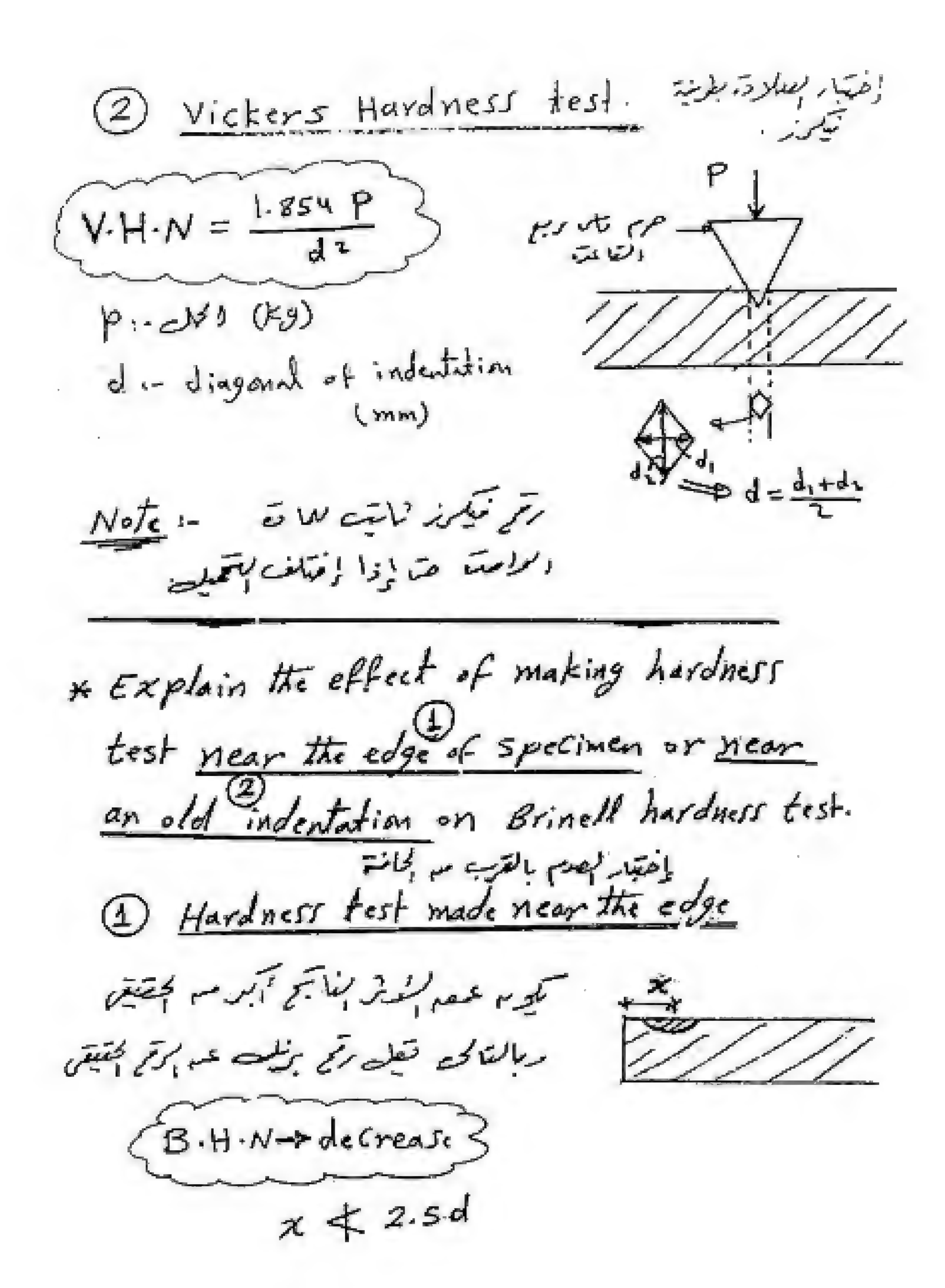
d :- قطر العلامة. (mm)

$$k = \frac{P}{D^2}$$

لإيجاد قيمة الحمل بدلالة قطر الكرة.

* ultimate tensile strength.

$$\sigma_{ult} = 0.36 * B.H.N \quad kg/mm^2$$



② Vickers Hardness test.

إختبار الصلادة بطريقة فيكرز

$$V.H.N = \frac{1.854\,P}{d^2}$$

p :- الحمل (Kg)

d :- diagonal of indentation (mm)

Note :- رقم فيكرز ثابت للمادة الواحدة حتى إذا إختلف التحميل

---

* Explain the effect of making hardness test near the edge ① of specimen or near an old indentation ② on Brinell hardness test.

إختبار الصدم بالقرب من الحافة

① Hardness test made near the edge

تكون عمق التشكيل الناتج أكبر من الحقيقي وبالتالي تقل رقم برينل عن الرقم الحقيقي

B.H.N → decrease

$x \nless 2.5d$

13

ج ١,٨٠

"Material"

Polymers

البوليمرات

الجزء النظرى

\+

حل امتحانه

"Mid Term 2006"

* Polymers * . البوليمرات

* **Polymers** :- . البوليمرات

* عبارة عن جزيئات كبيرة تتكون من وحدات صغيرة تسمى "monomers" أو وحدات تكررة ترتبط مع بعضها بروابط تساهمية

* Example (plastic & rubber)

A — A — A ...

monomer unit ; covalent bond رابطة تساهمية

---

* **Polymerization** :- . البلمرة

* هي العملية التي يتم فيها تجميع الجزيئات الصغيرة لتكوين جزئ كبير من البوليمرات .

---

* **Classification of Polymers** :- تصنيف البوليمرات

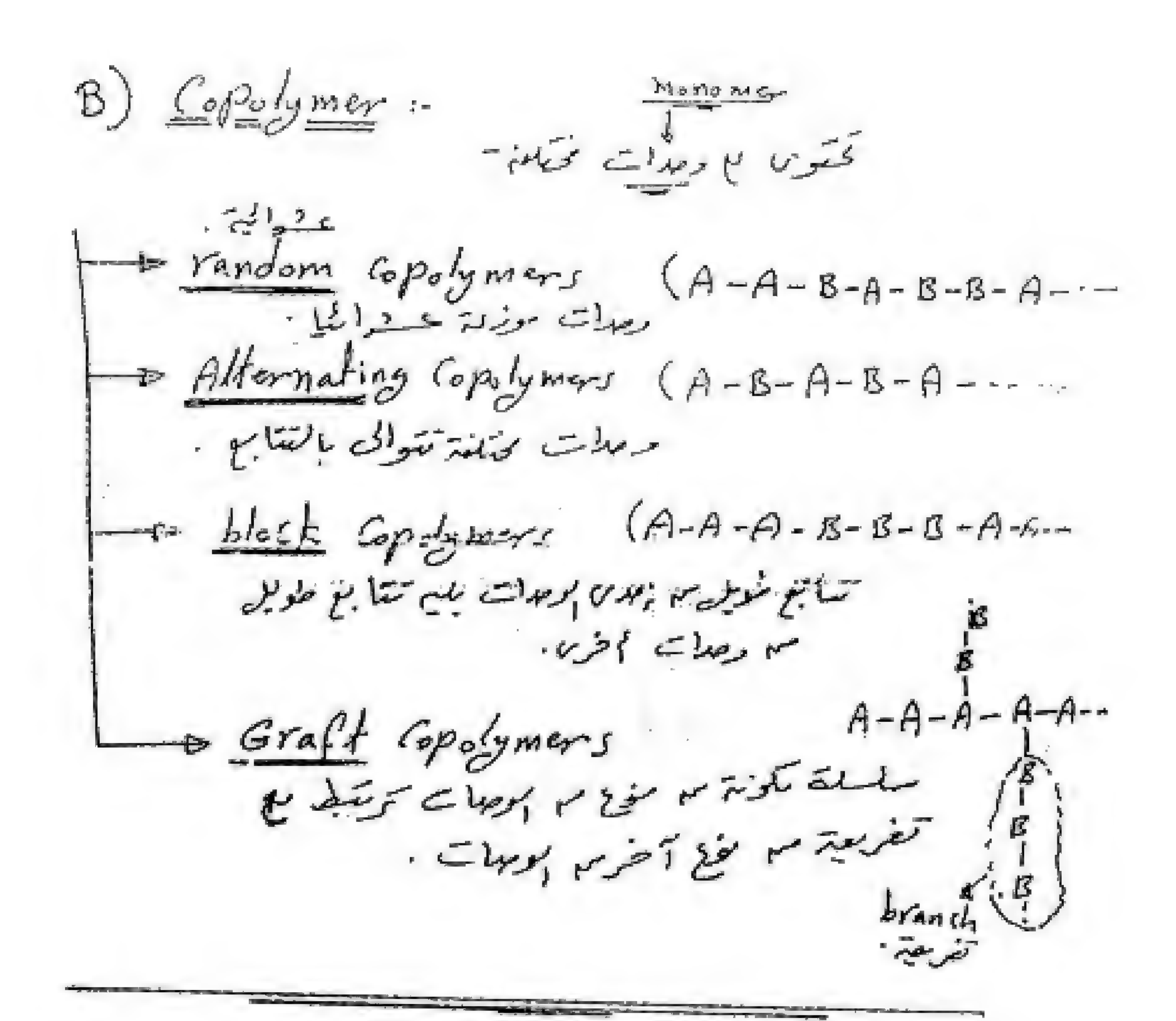
(1) according to chemical type of monomer.

تبعا للطبيعة الكيميائية للمونومر

A) **Homopolymer** :-

تتكون من مونومر "monomer" من نفس النوع .

monomer ← (A) — A — A — A — - - -



(2) according to molecular Configuration

تبعا لطبيعة الجزيئات .

مهم

النوع	Thermoplastic	Thermo setting	Elastomers
structure البناء الشبكي	linear chain. سلسلة خطية.	cross-linked network شبكية متقاطعة.	linear cross-linked chain. سلاسل خطية متقاطعة.
properties الخواص	- Ductile مطيلي - easy recycled or reshaped سهلة إعادة التشكيل.	- Brittle قصفة - not recycled or reshaped لا يمكن إعادة تشكيلها.	- Semi-Ductile شبه مطيلية - [illegible] متوسطة التشكيل.
shape الشكل	linear chain - vander-waals bond.	Cross-linked.	Cross-linked linear chain
Example مثال	polyethylene بولي إيثيلين	epoxy إيبوكسي.	Rubber المطاط.

* Mechanical behaviour of polymeric material.

الخواص الميكانيكية للمواد البوليمرية

(A) linear-elastic behaviour. السلوك المرن.

σ – ε diagram: linear-elastic, for all material at low stresses and strains

σ – ε diagram: non-linear-elastic, for elastomers at low stresses.

(B) Viscous behavior and viscoelasticity

1- الخواص الميكانيكية للمواد (viscoelastic) تعتمد على الزمن.

2- المواد (viscoelastic) تجمع بين المواد السائلة والصلبة.

ε — elastic (spring) — time

ε — viscous (liquid) — time

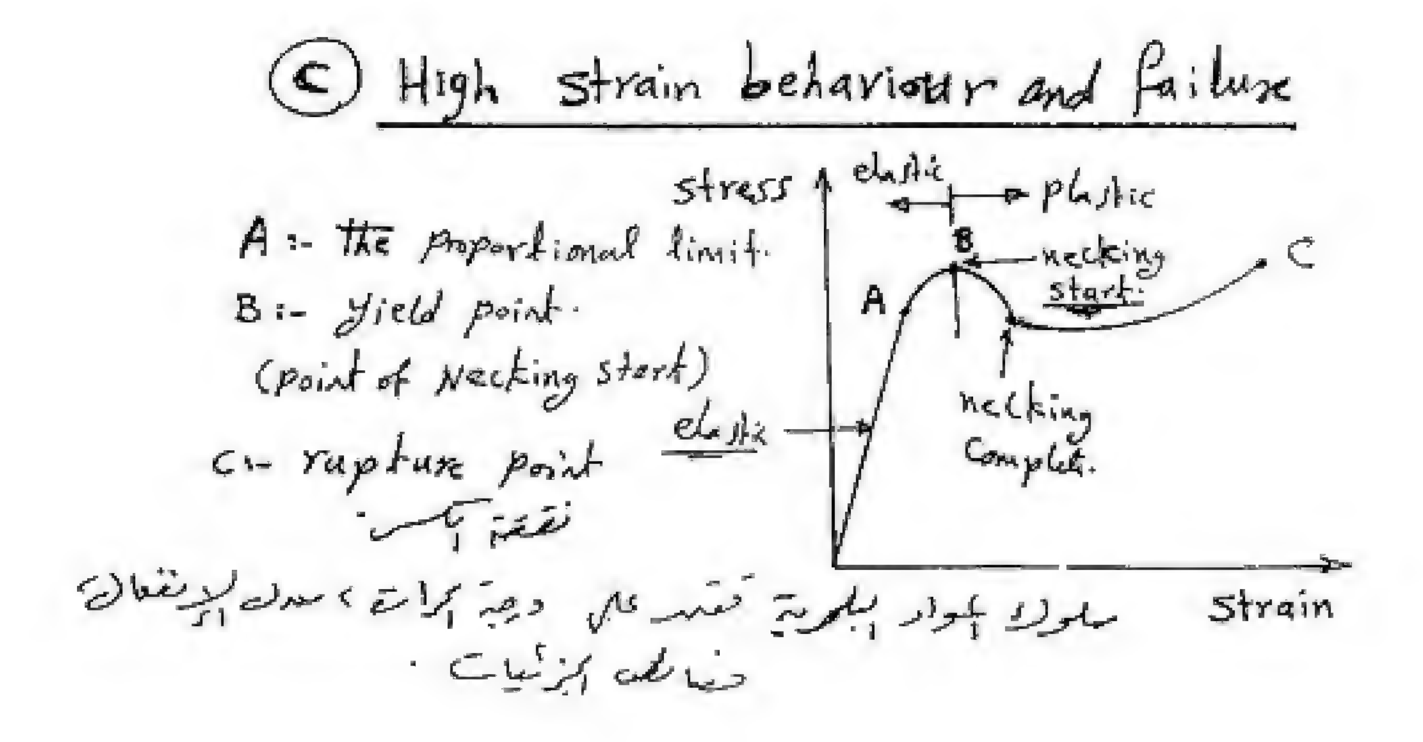
ε — viscoelastic — time

Spring — Solid صلب — liquid

Voigt-element

Combination of spring and dashpot in parallel

(C) High strain behaviour and failure



A :- the proportional limit.

B :- yield point. (point of Necking start)

C :- rupture point نقطة الكسر

سلوك المواد البلورية تعتمد على درجة الحرارة ، معدل الانفعال تشابك الجزيئات.

* Branching التفرع

* occurs when atom is removed from the main linear chain and replaced by another linear chain.

يحدث عندما تستبدل ذرة من السلسلة الخطية الرئيسية بسلسلة خطية أخرى.

* **Branching** :- reduce (density - stiffness - strength) of polymers.

التفرع يقلل من (الكثافة - صلابة - متانة) البوليمرات.

branching — No branching

Tm :- melting temprature
درجة حرارة الانصهار
Tg :- glass Transition Temprature

Density (الكثافة) vs Temp. (درجة الحرارة): Tg, Tm

Log (E) (معاير المرونة) vs Temprature (درجة الحرارة): Rigid, Rubbery, Tg, Tm

* Effect of temprature on (E) & (Density) for thermo plastic

تأثير درجة الحرارة على معاير المرونة والكثافة للمواد ← thermo plastic

* Composite materials *

هو خليط من مادتين أو أكثر لإنتاج مادة جديدة تختلف في خواصها من المواد الأصلية.

* Combination of two materials or more to produce new material different in properties from the original material.

* Classification of Composite material.

* there are 3 types of Composite material.

1- fibrous Composites (Consist of fibers in matrix)
   (تتكون من)
2- particulate Composites (Consists of particles in matrix)
3- Laminated Composites (Consists of layers of various materials)
   تتكون من طبقات من مواد مختلفة

* Isotropic

المواد التي لها خصائص متساوية في جميع الاتجاهات عند أي نقطة.

* anisotropic

المواد التي لها خصائص مختلفة في جميع الاتجاهات عند أي نقطة في الجسم.

* fiber Composite may be (isotropic or anisotropic)

* particulated Composite (If particles are uniformly distributed then it have isotropic properties

* Lamminer Composite always have anisotropic properties.

---

fibrous Composite

fiber :-

دوره

تقوم بتحمل الجزء الأكبر من الحمل الموجود على (Composite)

Matrix :-

دورها

1- حماية سطح (fiber) من البري

2- تنقل الإجهادات بين أجزاء (fiber)

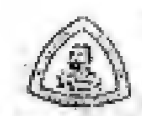
σ

fiber

Composite

matrix

ε

Prop. & Strength of Materials		Final Term Exam.
Course Code: MATE 101		1/1/2006
1st Year Civil. Eng.		Time: 3 hrs.
Dept. of Eng. Materials	Zagazig University	No. of Pages: 2
First Term 2005/2006	Faculty Engineering	No. of Questions: 6

Answer the following questions. Indicate the units and use illustrative sketches wherever it is necessary.

Question # 1

a) Give reasons why aluminum is a good conductor while Al_2O_3 is an insulator.

b) The atomic diameter of an iron atom is 2.492 A°; Calculate the lattice constant of BCC iron? If atomic weight of iron is 55.85 gm/mol; calculate the density of BCC iron? (Avogadro's No. = 6.02×10^{23} atoms/atomic weight)

c) If slip planes of FCC copper is {111} planes, sketch the atomic arrangement in one of these planes and mark the <110> slip directions on it?

d) Show the Burger's vector of an edge and screw dislocation lines

e) The plastic deformation of metallic materials depend mainly on the nature of dislocations present in the material; Discuss in details.

Question # 2

a) What is the difference between ordinary stress and true stress, derive the relation between them?

b) Explain the three methods of estimating modulus of elasticity for materials having non-linear stress-strain behavior.

c) What is the purpose of spherical seating block in compression testing machine? List the various precautions that should be taken in positioning it?

d) A tensile test specimen of 20 mm diameter was tested under tension up to fracture. Some of the test results were recorded as follows:

Load (kN)	Proportional limit	Maximum	Fracture
	65	115	100
Elongation (mm)	0.25	35	45

The elongation percentage was 22.5 % and the smallest cross section area (at fracture) was 1.6 cm². Find:

i. Ductility
ii. The tensile strength
iii. The stiffness
iv. True stress and true strain at fracture.
v. Modulus of resilience
vi. Explain the Fracture behavior of the tested material

Question # 3

a) State the limitations of compression test?

b) What are the properties measured from cold bend test? Explain the four modes of failure under this test?

c) A three- point bending test was carried on a cast iron beam of circular cross section and 300 mm loaded span. If the of modulus of resilience of the tested material was 0.02 $N.mm/mm^3$, and the following readings were recorded:

Load, kN	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.50	11
δ, mm	1	2	3	4.5	5.25	7	9	failure

Draw the load-deflection diagram and find:

i. Diameter of the beam
ii. Modulus of repture
iii. Modulus of elasticity
iv. Elastic bending strength
v. Fracture shape of test specimen

Question # 4

Explain the effect of making hardness test near the edge of specimen or near an old indentation on the Brinell hardness number and state the minimum distance?

State the limitations of Brinell hardness test.

A torsion test was done on solid metal rod specimen of 15 mm diameter. The modulus of rigidity was 1.7×10^4 N/mm^2. The following readings was recorded:

T, (N.m)	0	40	80	100	120	140	160	175	190	200
θ, degree	0	4	8	20	5	100	150	250	500	800

Find:

i. The length of the rod
ii. Design stress if the factor of safety equals 2
iii. Ultimate shear strength
iv. Modulus of toughness
v. Modulus of elasticity if poison's ratio (v =0.3)
vi. Discuss the fracture shape of test specimen

Question # 5

a) What is the property measured from impact test and why the impact test specimen is notched? Explain the effect of temperature on the impact fracture energy?

b) Define fatigue and state the characteristics of fatigue failure?

c) A structural element is subjected to repeated loads change from +6 to +2 tons. Find the cross sectional area of this part using Soderberg and Goodman rules.

The tensile strength = 60 kg/mm^2, Yield strength = 40 kg/mm^2, Fatigue limit = 18 kg/mm^2

d) Take the factor of safety for static and fatigue loadings equals to 2

Question # 6

أ) اشرح كيفية تعيين نسبة امتصاص الأحجار للماء؟

ب) اشرح طريقة صناعة أحجار خبث الأفران العالية و الطوب الرملي الخفيف مع ذكر خواص كل منها

ج) اذكر مع الشرح أنواع المواد اللاحمة؟ ووضح كيف يمكن أن نفرق بين كل من الجير الحي والمطفأ والجبس؟

د) اشرح كيفية تعيين كمية المياه القياسية اللازمة وأيضا تعيين زمن الشك الابتدائي للجبس؟

و) اشرح كيفية تصنيع الأخشاب مع ذكر أنواع العيوب الموجودة في الأخشاب؟

Final Term Exam (2006)

Question No:(1)

a) Al is Good conductor while Al_2O_3 is an isulator:

* وذلك لوجود الإلكترونات الحرة في الألومنيوم (رابطة فلزية) وعدم وجود الإلكترونات الحرة في أكسيد الألومنيوم (رابطة أيونية)

---

b) Given

القطر

Diameter of an iron atom = 2.492 A°

(1) * get lattic constant of B.C.C iron?

If atomic weight = 55.85 gm/mol

(2) * get the density of B.C.C iron?

If Avogadro's No = $6.02 * 10^{23}$ atom/atomic weight.

Solution

for B.C.C

$a\sqrt{3} = 4R$

$$a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$$

$\because R = \frac{Diameter}{2} = 1.246\ A^{\circ}$

$= 1.246 * 10^{-8}$ Cm

$$a = \frac{4 * 1.246 * 10^{-8}}{\sqrt{3}} = 2.88 * 10^{-8}\ Cm$$ #

4R

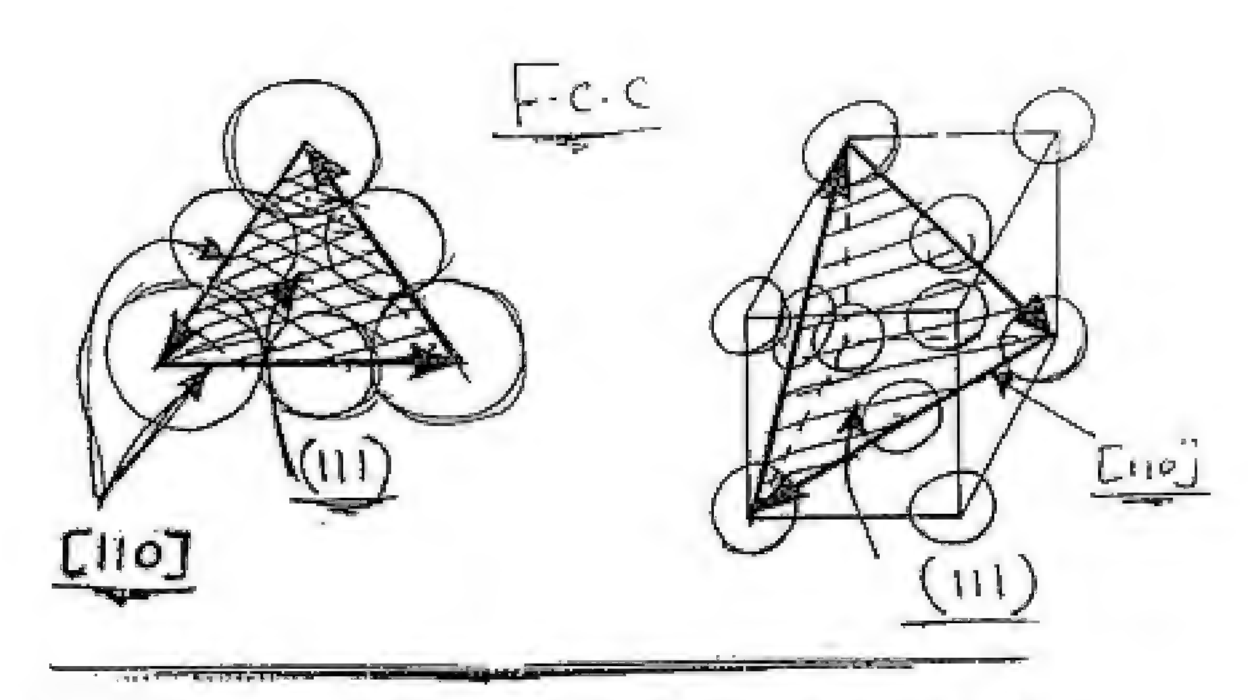
$a\sqrt{3}$

* **Density**

$$\rho_{B.C.C} = \frac{m}{V} = \frac{\text{no of atoms} * \frac{\text{atomic weight}}{6.02 * 10^{23}}}{a^3}$$

$$\rho_{B.C.C} = \frac{2 * \frac{55.85}{6.02 * 10^{23}}}{(2.88 * 10^{-8})^3} = 7.767\ gm/Cm^3$$ #

C) If slip plane of f.c.c Copper is (111) plane sketch the atomic arrangement in one of these planes and mark <110> slip direction on it ?



d) the plastic deformation of metallic material depend mainly on the nature of dislocation present in the material, Discuss in details.

Solution

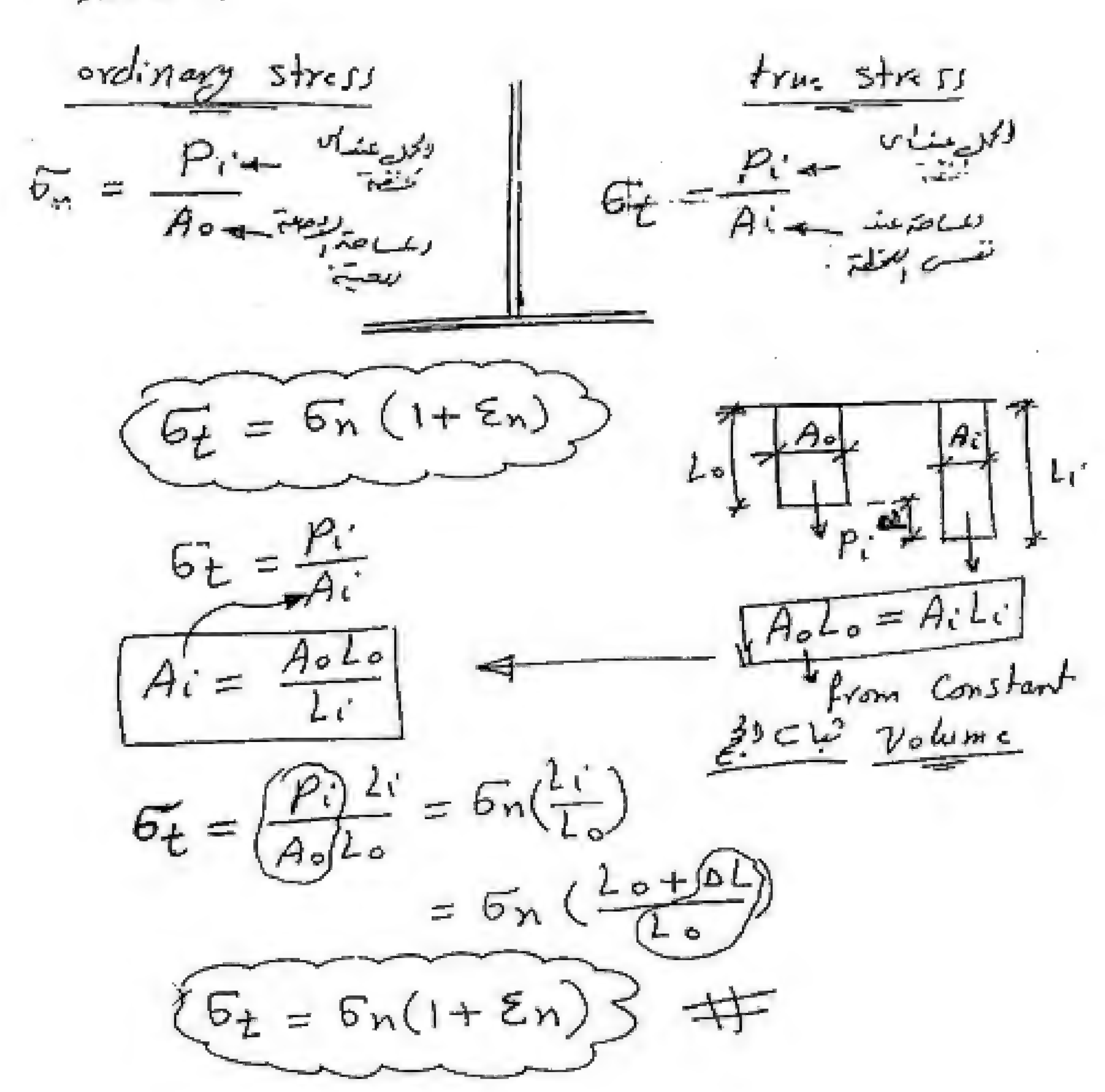
* قبل إجهاد الخضوع كلما زادت الإنخلاعات تزداد المطولية وتقل strength

* بعد إجهاد الخضوع كلما زادت الإنخلاعات تقل المطولية وتزداد strength

strength
Ductility
المقاومة strength
المطولية Ductility
density of dislocation
كثافة الإنخلاعات
before yield
after yield.

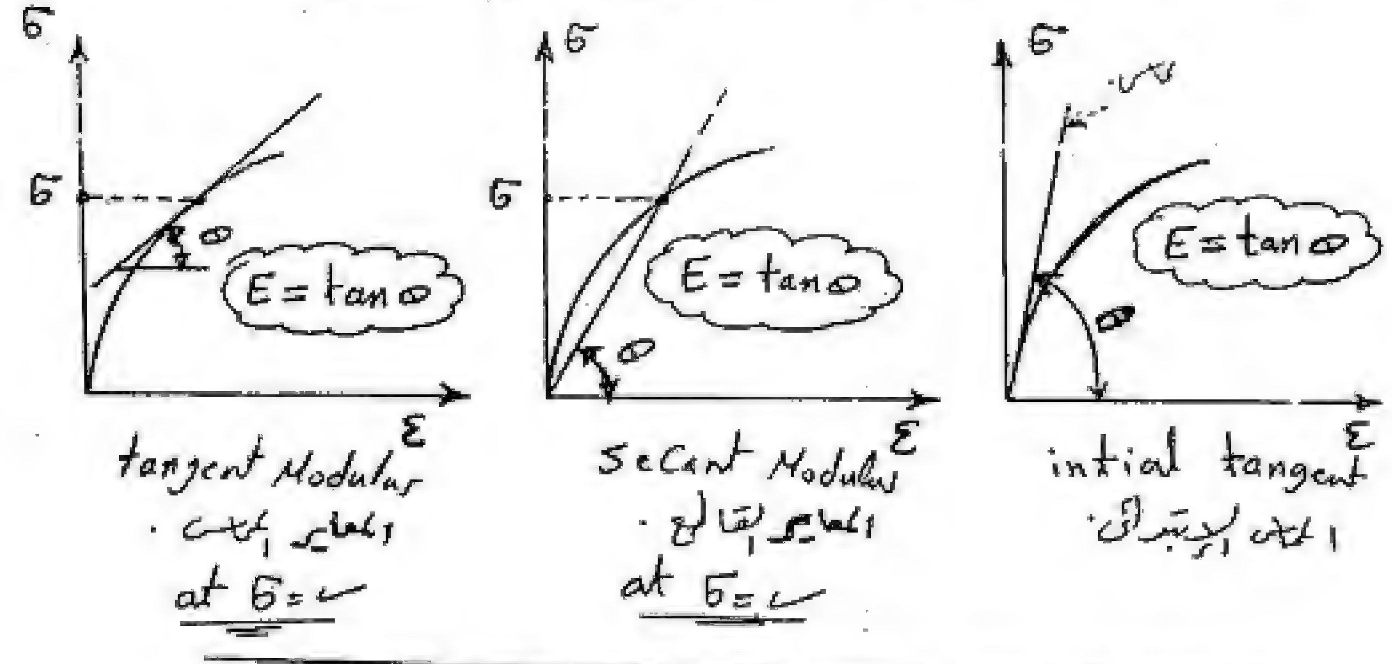
Question No (2)

a) what is the difference between ordinary stress and true stress, drive the relation between them?

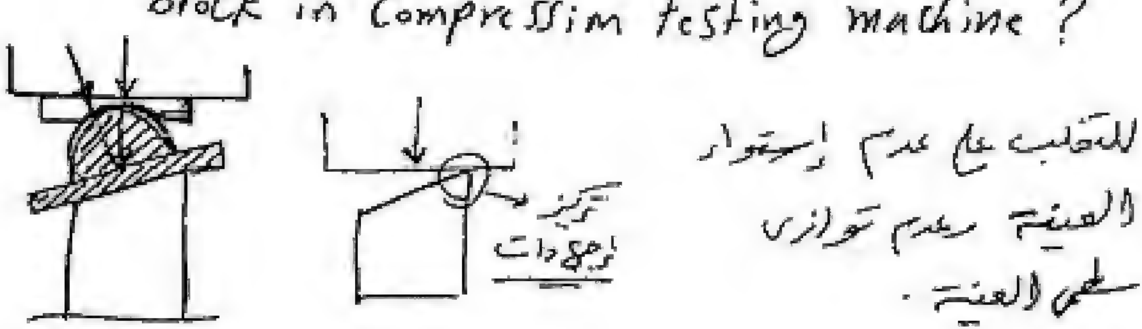


b) Explain the three methodes of estimating modulus of elasticity for material having non-linear (stress - strain) behavior.

ثلاث طرق لحساب (E) للمواد ذات علاقة (σ-ε) غير خطية.



c) What is the purpose of spherical seating block in compression testing machine?



للتغلب على عدم إستواء العينة بعدم توازي سطح العينة.

d) tensile test $d = 20$ mm ،

Load (KN)	proportional limit	Maximum	Fracture
	65	115	100
Elongation (mm)	0.25	35	45

% elongation = 22.5% ، A_f (مساحة الكسر) = 1.6 cm²

Find :-

i) Ductility.

$$\% \text{ elongation} = \frac{\Delta L_{max}}{L_o} * 100\% = 22.5\%$$

ii) the tensile strength

$$\sigma_{ult} = \frac{P_{ult\,max}}{A_o} = \frac{115}{\frac{\pi * (20)^2}{4}} = 0.366 \text{ KN/mm}^2$$

iii) the stiffness

$$E = \frac{\sigma_{p.L}}{\varepsilon_{p.L}} = \frac{65 / \frac{\pi * (20)^2}{4}}{0.25 / L_o}$$

from % elongation = 22.5% = $\frac{\Delta L_{max}}{L_o} * 100$

$\Longrightarrow \frac{\Delta L_{max}}{L_o} = 0.225 \Longrightarrow L_o = \frac{45}{0.225} = 200$ mm

$$E = \frac{0.207}{0.25/200} = \frac{\overset{\sigma_{p.L}}{0.207}}{\underset{\varepsilon_{p.L}}{1.25 * 10^{-3}}} = 165.6 \text{ kN/mm}^2$$

iv) True stress and true strain at fracture.

at fracture

$$\sigma_t = \frac{P_f}{A_f} = \frac{100}{1.6} = 62.5 \text{ kN/cm}^2$$

(1.6 → (cm^2))

$$\varepsilon_t = \ln \frac{A_o}{A_f} = \ln \frac{\frac{\pi * (2)^2}{4}}{1.6 (cm^2)} = \ln \frac{3.14}{1.6} =$$

$$\varepsilon_t = 0.674$$

V) Modulus of resilience.

$$M.o.R = \frac{1}{2} \sigma_{p.L} * \varepsilon_{p.L} = \frac{1}{2} * 0.207 * 1.25 * 10^{-3}$$

$$= 0.13 * 10^{-3} \text{ kN/mm}^2$$

vi) Explain the fracture behavior of tested material.

Cup and Cone failure

Due to shear stresses.

[illegible]

(Sketch labels: P, Cup, Cone, P)

Question № (3)

a) State the limitations of Compression test.

اذكر اوجه القصور لاختبار الضغط.

١- صعوبة التحميل بحمل محوري حقيقي.

٢- الاحتكاك بين سطح العينة وفكي الماكينة يؤدي إلى تكون أشكال برميلية.

٣- الطبيعة الغير متزنة للاختبار.

٤- للحصول على طبيعة متزنة لابد من استخدام عينات ذات حجم كبير والتي تحتاج لماكينات ذات سعة كبيرة.

---

b) What are the properties measured from Cold bend test? Explain the four modes of failure under this test?

load

supports

Cold bend test # الهدف منه

١- حساب المطيلية وحساب نسبة الكبريت والفوسفور.

4-mode of failure #

1- failure in outer fiber due to tension stress
2- " " inner " " " compression stress
3- " at inclined plane due to shear stress
4- failure due to imperfections.

c) * 3-point bending

L = 800 (mm), load P at mid-span; circular section of diameter D

* Cast iron of Circular Cross section

* Modulus of resilience = 0.02 N·mm/mm³

= 0.02 N/mm²

Load (kN)	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.5	11
δ (mm)	1	2	3	4.5	5.25	7	9	failure

(proportional limit) P.L ← (at 4.5 kN)

failure → 9.43

10.5 → 9

11 → x

⟹ x = 9.43

i) Diameter of the beam

$$\text{Modulus of resilience} = \frac{\frac{1}{2} P_{p.L} \, \delta_{p.L}}{A * L}$$

$$0.02 = \frac{\frac{1}{2} * (4.5 * 10^3) * 3}{A * 800}$$

N/mm²

$$\Longrightarrow A = 421.87 \text{ mm}^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\Longrightarrow d = 23.2 \text{ mm} \quad \#$$

ii) Modulus of rupture

it's mean maximum bending strength

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}\, y}{I}$$

$$y = \frac{d}{2} = \frac{23.2}{2} = 11.6 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 14220.7 \text{ mm}^4$$

$$= \frac{2200 * 11.6}{14220.7}$$

$$M_{max} = \frac{P_{max} L}{4} = \frac{11 * 800}{4}$$

$$M_{max} = 2200 \text{ KN.mm}$$

$\sigma_{max} = 1.79 \text{ KN/mm}^2$

iii) Modulus of elasticity

$$E = \frac{PL^3}{48\,\delta I} = \frac{P_{p.L}}{\delta_{p.L}} * \frac{L^3}{48 I}$$

$E = \frac{4.5}{3} * \frac{(800)^3}{48 * 14220.7} = 1.758 \text{ KN/mm}^2$

iv) Elastic bending strength.

$$\sigma_{e.L\ (p.L)} = \frac{M_{p.L}\, y}{I} = \frac{\frac{P_{p.L} * L}{4} * y}{I}$$

$$\sigma_{e.L} = \frac{\frac{4.5 * 800}{4} * 11.6}{14220.7} = 0.734 \text{ KN/mm}^2$$

V) Fracture shape of test specimen.

Cast iron → **Brittle material.**

نتيجة العزوم يحدث شد في
الجزء السفلي وضغط في الجزء
العلوي ومن ثم يحدث شرخ
ويزيد ثم ينمو حتى يحدث الكسر

نمو الشرخ

crack Growth

crack

loads

$P = 1 \times 2 = 2\ t/m^2$

assm $t = 40\ cm$

$w = 3\ t/m^2$

load Dist.

(w_1) $H = 2$

$L =$ كبيرة

$\frac{H}{L} < \frac{1}{2}$ One-way in C.F. [illegible]

$P = 2\ t/m^2$

V.L. H.L.

(S_1) 5×3

$r = \frac{5}{3} = 1.67 < 2$ Two-way

$\alpha = 0.7$

$\beta = 0.3$

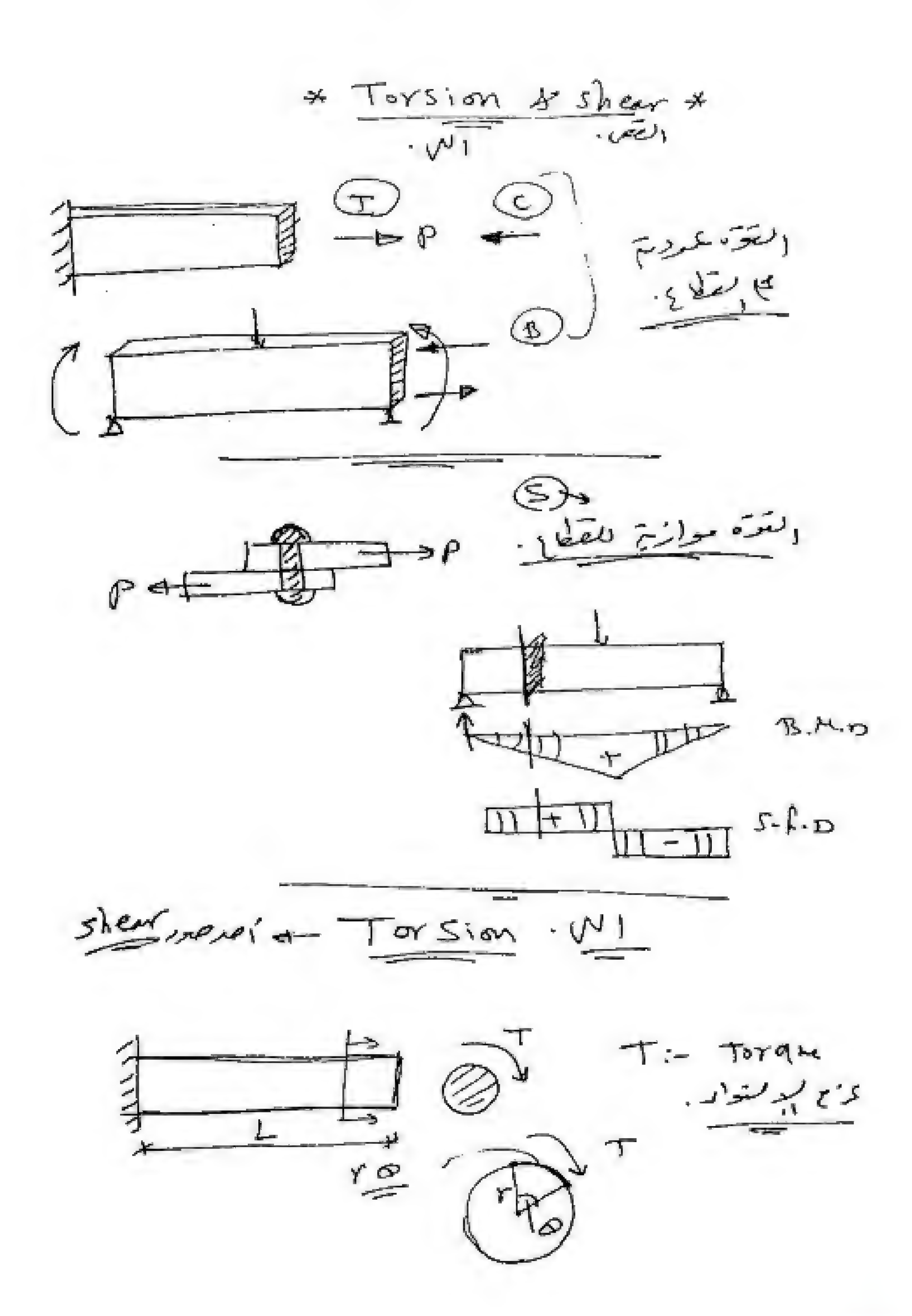
قصير $w\alpha = 0.7 \times 3 = 2.1\ t/m^2$

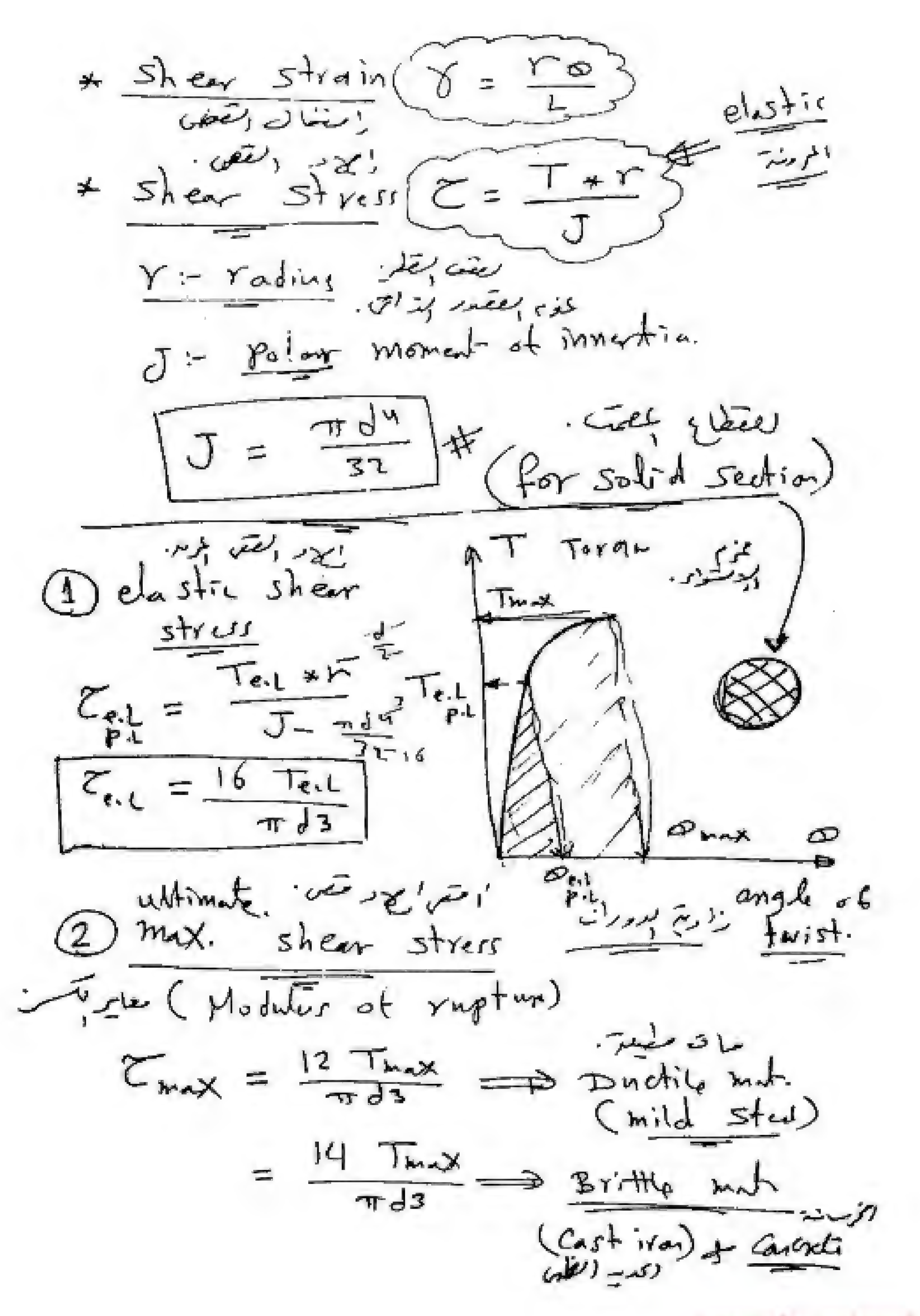
طويل $w\beta = 0.3 \times 3 = 0.9\ t/m^2$

= Material =

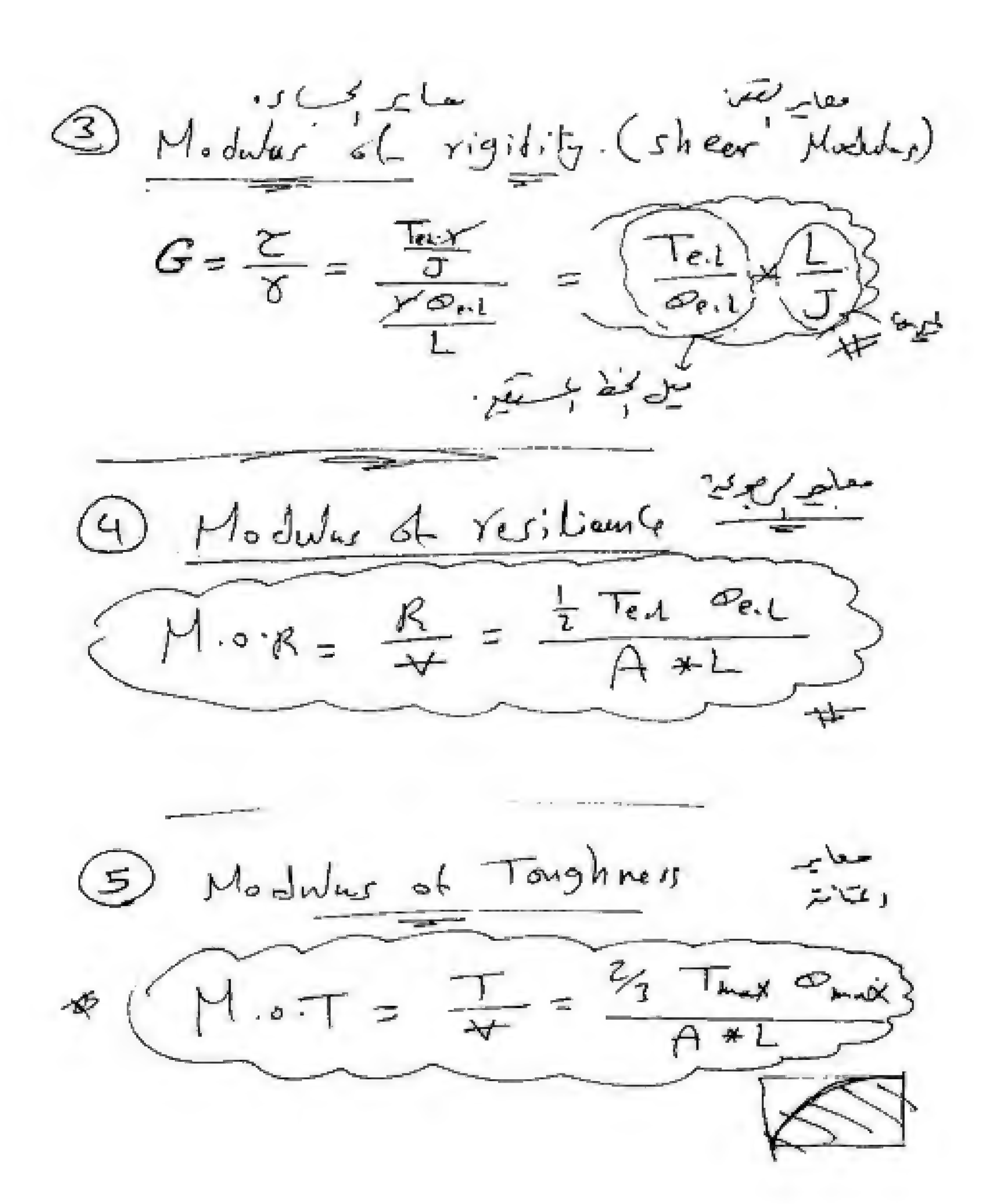
مسائل مراجعة على

= Torsion =

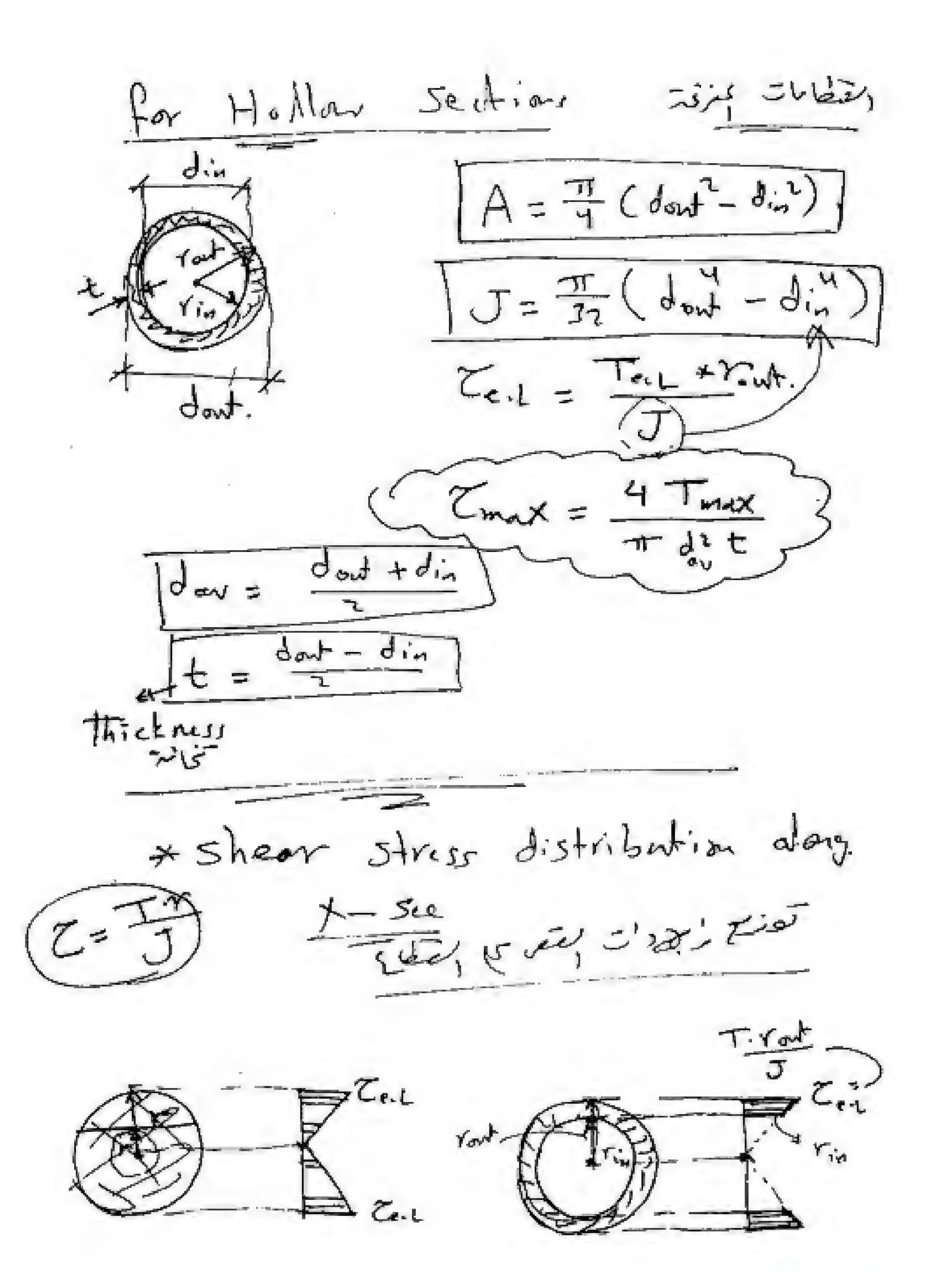

* Torsion & shear *
القص.
1.
T
C
P
B
S
P
P
B.M.D
S.F.D
Torsion
shear
T
T :- Torque
L
r
T



* shear strain
γ = rθ / L
elastic
* shear stress
τ = T * r / J
r :- radius
J :- polar moment of innertia.
J = π d4 / 32
(for solid section)
T Torque
Tmax
① elastic shear stress
τe.L p.L = Te.L * r / J
τe.L = 16 Te.L / π d3
θmax
θ
θe.L p.L
angle of twist.
② ultimate. max. shear strers
(Modulus of rupture)
τmax = 12 Tmax / π d3 ⟹ Ductile mat. (mild steel)
= 14 Tmax / π d3 ⟹ Brittle mat
(Cast iron) & Concrete



3 Modulus of rigidity (sheer Modulus)
$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{\frac{T_{e.l}\, r}{J}}{\frac{r\,\theta_{e.l}}{L}} = \frac{T_{e.l}}{\theta_{e.l}} \times \frac{L}{J}$
4 Modulus of resilience
$M.o.R = \frac{R}{V} = \frac{\frac{1}{2} T_{e.l}\, \theta_{e.l}}{A * L}$
5 Modulus of Toughness
$M.o.T = \frac{T}{V} = \frac{\frac{2}{3} T_{max}\, \theta_{max}}{A * L}$



for Hollow Sections قطاعات مفرغة

$$A = \frac{\pi}{4}\left(d_{out}^2 - d_{in}^2\right)$$

$$J = \frac{\pi}{32}\left(d_{out}^4 - d_{in}^4\right)$$

$$\tau_{e.L} = \frac{T_{e.L} \times r_{out}}{J}$$

$$\tau_{max} = \frac{4\,T_{max}}{\pi\, d_{av}^2\, t}$$

$$d_{av} = \frac{d_{out} + d_{in}}{2}$$

$$t = \frac{d_{out} - d_{in}}{2}$$

thickness سُمك

* shear stress distribution along X-sec

توزيع إجهادات القص على القطاع

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J}$$

failure (fracture) shapes أشكال الكسر

Ductile مطيلة

shear < Tension (مقاومة)

plain failure

انهيار مستوي

Due to shear stress

Brittle قصفة

Tension < shear (مقاومة)

helical failure

انهيار حلزوني

Due to Tension stress

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

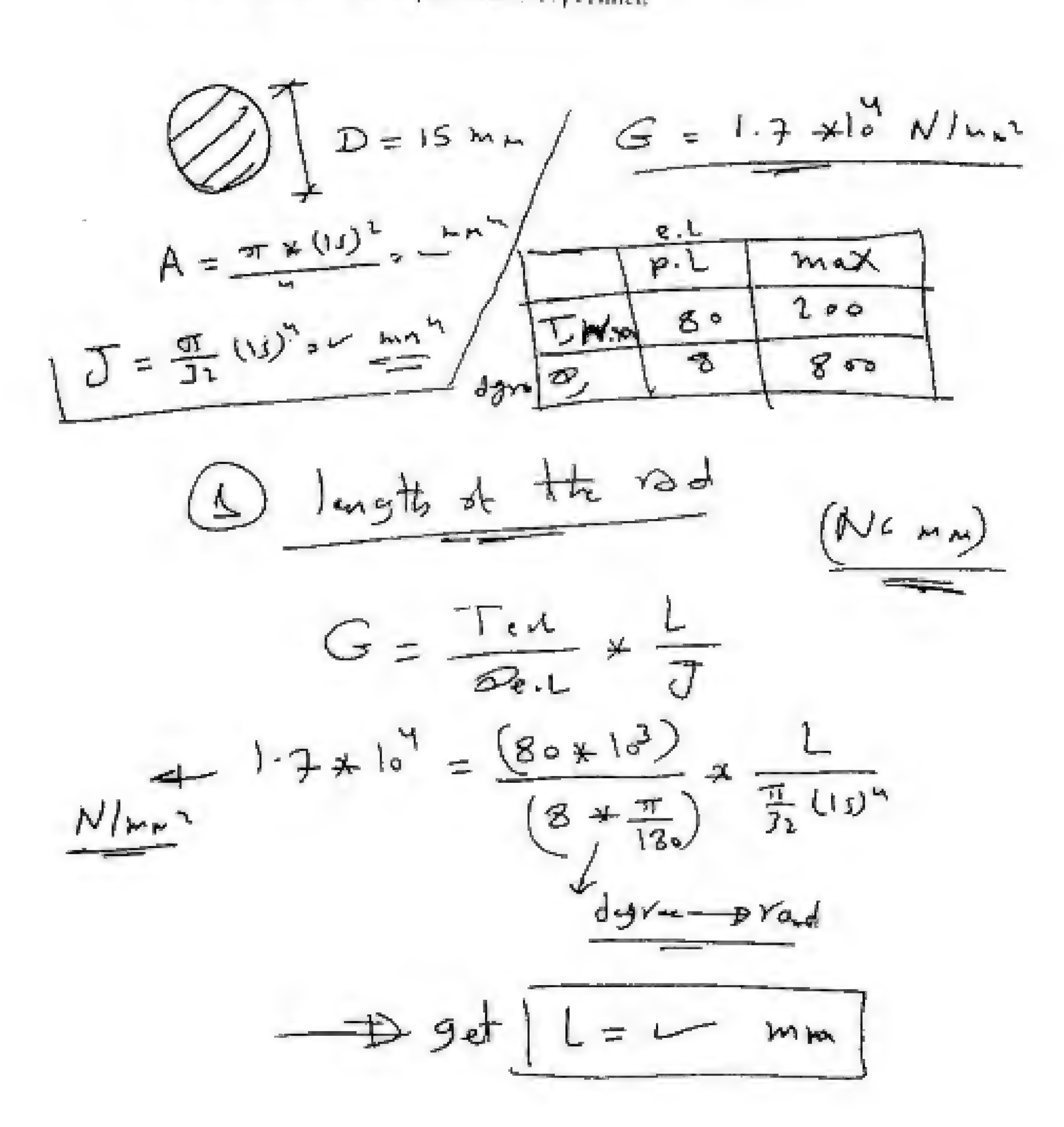
E — Modulus of elasticity

ν :- poisson's ratio

A torsion test was done on solid metal rod specimen of 15 mm diameter. The modulus of rigidity was 1.7×10^4 N/mm2. The following reading was recorded:

T, (N.m)	0	40	80	100	120	140	160	175	190	200
θ, degree	0	4	8	20	5	100	150	250	500	800

Find i) The length of the rod ii) Design stress if the factor of safety = 2
iii) Ultimate shear strength iv) Modulus of toughness
v) Discuss the fracture shape of the test specimen



(2) Design stress If $F.o.S = 2$

$$\tau_D = \frac{\tau_{e.L}}{2} = \frac{16\, T_{e.L}}{\pi d^3 * 2} = \frac{16 * (80 * 10^3)}{\pi * (15)^3 * 2}$$

$= \checkmark$ N/mm^2 F.o.S

---

(3) ultim shear solid metal (معدن)

Ductile

$$\tau_{max} = \frac{12\, T_{max}}{\pi d^3}$$

$N.m \rightarrow N.mm$

$$= \frac{12 * (200 * 10^3)}{\pi * (15)^3} = \checkmark \ N/mm^2$$

---

(4)
$$M.o.T = \frac{T}{V} = \frac{2/3\, T_{max}\, \theta_{max}}{A * L}$$

$$= \frac{2/3 * (200 * 10^3) * (800 * \frac{\pi}{180})}{\frac{\pi * (15)^2}{4} * L = \checkmark}$$

$= \checkmark$ N/mm^2

---

(5) Modulus of elasticity If. poissons ratio ($\nu = 0.3$)

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \Longrightarrow 1.7 * 10^4 = \frac{E}{2(1+0.3)}$$

$$\boxed{E = 2.6 * 1.7 * 10^4 \ N/mm^2}$$

Material

مسائل مراجعة

على

Tension

مسائل من

→ MidTerm 2007, 2006

→ Final → 2005

b) A tension test was carried out on a mild steel specimen of 20 mm diameter. The following data were recorded.

	Proportional limit	Maximum load	Failure load
Load, ton	6.28	10.99	9.42
Δl, mm	0.20	30.00	40.00

The elongation percentage was 20%. Find the following:

1- Ultimate tensile strength 2- The modulus of resilience

3- The modulus of elasticity 4- The fracture shape of test specimen

Mid term (2007)

$$d = 20\ mm \Longrightarrow A_o = \frac{\pi * (20)^2}{4} = 314.16\ mm^2$$

* % elongation = 20 %

$$\%\ elongation = \frac{\Delta L_{max}}{L_o} * 100\ \%$$

$$\therefore\ 20\% = \frac{40}{L_o} * 100\ \%$$

$$\frac{20}{100} = \frac{40}{L_o} \Longrightarrow L_o = 200\ mm$$

#

أقصى أكبر حمل .

(1) ultimate tensile strength. (maximum)

$$\sigma_{ult} = \frac{P_{ult}}{A_o} = \frac{10.99}{314.16} = 0.035\ t/mm^2$$

#

(2) The Modulus of Resilience معاير الرجوعية.

$$M.o.R = \frac{1}{2}\, \sigma_{p.L} * \varepsilon_{p.L}$$

$$= \frac{1}{2} * \frac{6.28}{314.16} * \frac{0.2}{200}$$

$$= \frac{1}{2} * 0.0199 * 0.001$$

$$\therefore M.o.R = 9.99 * 10^{-6}\ t/mm^2$$ #

(3) The Modulus of elasticity معاير المرونة

$$E = \frac{\sigma_{p.L}}{\varepsilon_{p.L}} = \frac{P_{p.L}/A_o}{\Delta L_{p.L}/L_o}$$

$$\therefore E = \frac{6.28/314.16}{0.2/200} = 19.99\ t/mm^2$$ #

(4) Fracture Shape of test Specimen.

% elongation = 20% ≥ 15%

∴ specimen is Ductile material.

* Cup and Cone failure Due to shear stresses نتيجة إجهادات القص.

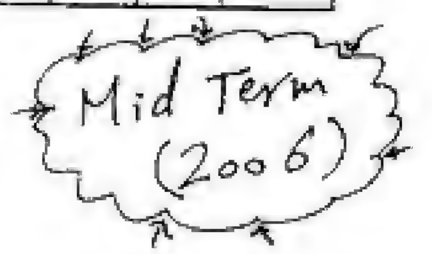
#

d) A tension test was carried out on a long mild steel specimen of 14 mm diameter. The following data were recorded.

Load, kN	14	28	45.5	45.5	51	60	64	68	70	64	60
Δl, mm	0.04	0.08	0.13	0.15	3	8	13	20	26	30	32

Calculate:

i- The design stress if the factor of safety equals 2
ii- The modulus of resilience
iii- Stiffness
iv- Ultimate tensile strength
v- Ductility
vi- True stress and true strain at initial necking
vii- Explain the fracture behavior of test specimen



Given: Long mild steel $\Rightarrow$ $L_o = 10d$

$d = 14$ mm $\Rightarrow$ $L_o = 140$ mm

$A_o = \frac{\pi * (14)^2}{4} \Rightarrow A_o = 153.94\ mm^2$

من الجدول نجد أنه يوجد مرحلة خضوع.

	P.L	yield	max	failure
P, kN	45.5	45.5	70	60
ΔL, mm	0.13	0.15	26	32

---

i)

$$\sigma_D = \frac{\sigma_y}{F.o.S} = \frac{P_y / A_o}{2}$$ إجهاد تصميم

$$\therefore \sigma_D = \frac{45.5/153.94}{2} = 0.1478\ kN/mm^2$$

#

ii) Modulus of resilience معاير الرجوعية.

$$M.o.R = \frac{1}{2}\sigma_{p.L}\,\varepsilon_{p.L}$$

$$= \frac{1}{2} * \frac{P_{p.L}}{A_o} * \frac{\Delta L_{p.L}}{L_o}$$

$$M.o.R = \frac{1}{2} * \frac{45.5}{153.94} * \frac{0.13}{140} = 1.37 * 10^{-4}\ KN/mm^2$$

#

---

iii) stiffness الصلابة

تقاس بـ Modulus of elasticity (معاير المرونة).

$$E = \frac{\sigma_{p.L}}{\varepsilon_{p.L}} = \frac{45.5/153.94}{0.13/140}$$

$$E = 318.3\ KN/mm^2$$ #

---

iv) ultimate tensile strength. اقصى اجهاد شد.

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A_o} = \frac{70}{153.94} = 0.455\ KN/mm^2$$

$$\therefore \sigma_{max} = 0.455\ KN/mm^2$$ #

v) Ductility الممطولية

$$\% \text{ elongation} = \frac{\Delta L_{max}}{L_o} * 100\%$$

$$= \frac{32}{140} * 100 = 22.8\%$$ #

---

vi) True stress and True strain at intial necking ⟹ intial necking (max load)

$\sigma_{max} = 0.455 \ kN/mm^2$

$\varepsilon_{(P_{max})} = \frac{26}{140} = 0.1857$

$\therefore \ \sigma_t = \sigma_n (1 + \varepsilon_n)$

$\sigma_t = 0.455 (1 + 0.1857) = 0.54 \ kN/mm^2$ #

$\therefore \ \varepsilon_t = \ln (1 + \varepsilon_n)$

$\varepsilon_t = \ln (1 + 0.1857) = 0.17$ #

---

vii) Fracture behavior. شكل الكسر

$\%$ elong $= 22.8\% \geq 15\%$

Ductile

Cup & Cone failure Due to shear stress

و يكون الكسر بالزاوية نتيجة إجهادات القص

b) A tension test was carried out on a long standard test specimen of steel of 16 mm diameter. The loads and corresponding extensions were as follows:

			($P_{p.L}$)	(P_y)				(P_{max})		(P_f)
Load, KN	0	24	48	45	52	60	70	72	68	60
Extension, mm	0	0.06	0.12	1	3	8	18	26	30	32

Draw the load-extension diagram and find the following:

i) Tensile strength ii) Elastic stiffness iii) Ductility

iv) Design stress if the factor of safety = 1.5

v) True stress and true strain at initial necking

vi) Discuss the fracture behavior of the specimen

final 2005

Given

Long specimen $\Longrightarrow$ $l_o = 10d$

$d = 16$ mm $\Longrightarrow$ $l_o = 160$ mm

$$A_o = \frac{\pi * (16)^2}{4}$$

$A_o = 201.62$ mm²

i) Tensile strength

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A_o} = \frac{72}{201.62} = 0.357 \text{ kN/mm}^2$$

#

ii) Elastic stiffness

$$E = \frac{\sigma_{p.L}}{\varepsilon_{p.L}} = \frac{P_{p.L}/A_o}{\delta l_{pL}/l_o} = \frac{48/201.62}{0.12/160}$$

$E = 317.429$ kN/mm² #

iii) **Ductility** المطيلية

$$\% \; elong = \frac{\Delta l_{max}}{l_o} \times 100\%$$

$$= \frac{32}{160} \times 100\% = 20\% \quad \#$$

iv) $$\sigma_D = \frac{\sigma_y}{F.o.S} = \frac{P_y / A_o}{1.5}$$

$$= \frac{45 / 201.6}{1.5}$$

$$\therefore \sigma_D = 0.149 \; kN/mm^2 \quad \#$$

v) initial necking $\longrightarrow$ max Load

$$\sigma_{max} = 0.357 \; kN/mm^2$$

$$\varepsilon_{(P_{max})} = \frac{26}{160} = 0.1625$$

$$\sigma_t = \sigma_{max} (1 + \varepsilon_{(P_{max})})$$

$$= 0.357 (1 + 0.1625) = 0.415 \; kN/mm^2$$

$$\varepsilon_t = \ln(1 + 0.1625) = 0.15 \quad \#$$

Faculty of engineering
Civil engineering

1st year

Material

البوليمرات
Polymers

* Polymers * البوليمرات

* عبارة عن جزيئات كبيرة تتكون من وحدات صغيرة تسمى "monomers" ترتبط مع بعضها بروابط تساهمية

monomer unit وحدة مونومر ← (A) — A — A ...

↓ Covalent bond رابطة تساهمية.

---

* Classification of polymers :- تصنيف البوليمرات

(1) according to chemical type of monomer.
تبعاً للطبيعة الكيميائية للمونومر.

Homopolymer
تتكون من وحدات monomer من نفس النوع.

(A) — A — A — A ...

Copolymer
تتكون من وحدات monomer مختلفة.

(A) — A — (B) — B — A — —

(2) according to Molecular configuration
تبعاً لطبيعة الجزيئات.

(مهم جداً جداً) #

النوع.	Thermoplastic	thermosets.
structure البناء الشبكي	linear chain سلسلة خطية	Cross-linked network شبكة متقاطعة.
properties الخواص.	- Ductile مطيلة - easy recycled سهلة إعادة التشكيل	- Brittle قصفة - not recycled لا يمكن إعادة تشكيلها
shape الشكل	linear chain روابط تنافرية.	cross-linked
Example مثال.	polyproblime بولي بروبلين	epoxy إيبوكسي.

* Stress - strain curve of thermoplastic material in tension :-

A:- proportional limit.

B:- yield point (point of necking start) نقطة بداية الرقبة.

* سلوك المواد البوليمرية يعتمد على
- درجة الحرارة.
- معدل الانفعال
- خصائص الجزيئات

* Deformation * in metals

E , ν , G

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

E :- Modulus of elasticity

ν :- poisson's ratio

G :- Modulus of rigidity.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$
$$\tau = G \cdot \gamma$$

*** Mention the difference between :-**

i) plane stress and plane strain assump.

ii) The volumetric strain, $\Delta V/V$, in elastic and plastic deformations.

i)

plane stress	plane strain
- for thin section للقطاعات الرقيقة	- for thick sect. للقطاعات السميكة.
- $\varepsilon_z = max$	- $\varepsilon_x = max$
- $\sigma_{zz} = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0.0$	- $\varepsilon_{zz} = \gamma_{xz} = \gamma_{yz} = 0.0$

ii) - elastic stage مرحلة المرونة

$\Delta V = \varepsilon_x + \varepsilon_z + \varepsilon_y \neq 0.0$

والتغير في الحجم لا يساوي صفر.

ν (0.25 — 0.35) in metals

- plastic stage مرحلة اللدونة

$\Delta V = \varepsilon_x + \varepsilon_z + \varepsilon_y = 0.0$

$\nu = 0.5$ Constant for all metals.

* Composite materials *

هو خليط من مادتين أو أكثر لإنتاج مادة جديدة تختلف في خواصها عن المواد الأصلية.

* Combination of two materials or more to produce new material different in properties from the original material.

* Classification of Composite material.

* there are 3 types of Composite material.

1- fibrous Composites. (Consist of fibers in matrix) (تتكون من)

2- particulate Composites (Consists of particles in matrix)

3- Laminated Composites (Consists of layers of Various materials)
تتكون من طبقات من مواد مختلفة

* Isotropic

المواد التي لها خصائص متساوية في جميع الاتجاهات عند أي نقطة.

* anisotropic

المواد التي لها خصائص مختلفة في جميع الاتجاهات عند أي نقطة في الجسم.

* fiber Composite may be (isotropic or anisotropic)

* particulated Composite (If particles are uniformly distributed then it have isotropic properties

* Laminar Composite always have anisotropic properties.

---

fibrous Composite

دوره

fiber :- تقوم بتحمل الجزء الأكبر من الحمل الموجود في (Composite)

دورها

Matrix :-

1- حماية سطح (fiber) من البري

2- تنقل الإجهادات بين أجزاء (fiber)

σ

fiber

Composite

matrix

ε

Faculty of engineering
Civil engineering

1st year

Material

Fatigue

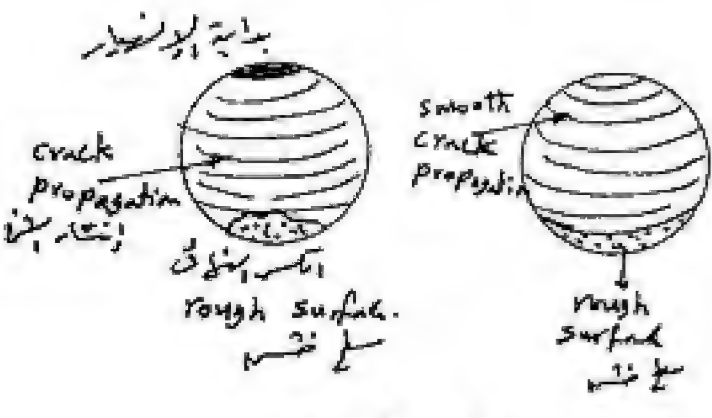
Fatigue الكلال

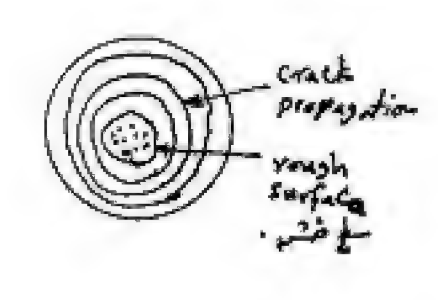
<u>الكلال</u> :- هو الإنهيار المفاجئ بالكسر لمشغولات المعدنية من أجزاء الماكينات المعرضة لأحمال متكررة (repeated loading) أثناء التشغيل بعد عديد من دورات التحميل (cycles) .

* Mechanism of fatigue :-

تكون حالة الكسر بالكلال لجميع المعادن مثل حالة كسر المعادن القصفة أي Brittle Fracture كما يلي :-

١- يحدث سريان للشروخ الشعرية المتكونة .
٢- يحدث حالة عدم إتزان للجزء المتبقي من المعدن حيث لم يعد قادراً على تحمل الإجهادات الواقعة عليه فيحدث الكسر المفاجئ للعينة .





* أشكال الإنهيار في العينات المختلفة نتيجة الكلال .

* fracture shape *

* نلاحظ ظهور منطقتين رئيسيتين :-

<u>المنطقة الأولى</u> :- متدرجة بسطح ناعم مما يدل على وجود شرخ ينتشر تدريجياً بتكرار دورات التحميل .

<u>المنطقة الثانية</u> :- تكون ذات سطح خشن مما يدل على الإنهيار المفاجئ لجزيئات المعدن (Brittle failure) الكسر بحالة قصفة .

* **Fatigue Loads :-** repeated loads.

يتم التأثير بأحمال متكررة بغض النظر عن نوع الإجهادات

a) Completely Reversed stress Cycle :- دورة الإجهاد المعكوسة كلياً

stress S ← الإجهاد

1 stress cycle

S_{max}, S_a, $S_m = 0.0$, S_{min}, ΔS, time, الزمن t

S_a :- amplitude stress
الإجهاد المتغير.

S_{max} :- max stress
الإجهاد الأقصى

S_{min} :- min stress
الإجهاد الأدنى

S_m :- mean stress
الإجهاد المتوسط (الثابت).

$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \text{Zero}$$

ΔS = Range of stress. ⟹

$$\Delta S = S_{max} - S_{min} = 2 S_a$$

$$\text{Stress range ratio} = \frac{S_{min}}{S_{max}} = \frac{-1}{1} = -1$$

$S_{max} = -S_{min}$

b) non Zero mean stress $S_m \neq 0.0$

stress S, 1 stress cycle, S_a, $S_m \neq 0.0$, S_{max}, S_{min}, S_m, الزمن t, time

$$S_{max} = S_m + S_a$$

$$S_{min} = S_m - S_a$$

$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = +ve$$

$$S_a = \frac{S_{max} - S_{min}}{2}$$

#

c) Zero minimum stress $S_{min} = 0.0$

$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$$

$$S_{min} = 0.0$$

$$S_m = \frac{S_{max}}{2}$$

$$S_a = \frac{S_{max} - S_{min}}{2}$$

$$S_a = \frac{S_{max}}{2}$$

$$\Rightarrow \; S_m = S_a = \frac{S_{max}}{2} \; \#$$

Endurance limit (fatigue limit) (S_e)

حد الاحتمال أو حد الكلل

* هو أقصى إجهاد لدورة تحميل معينة في حالة إختبار الإنثناء.

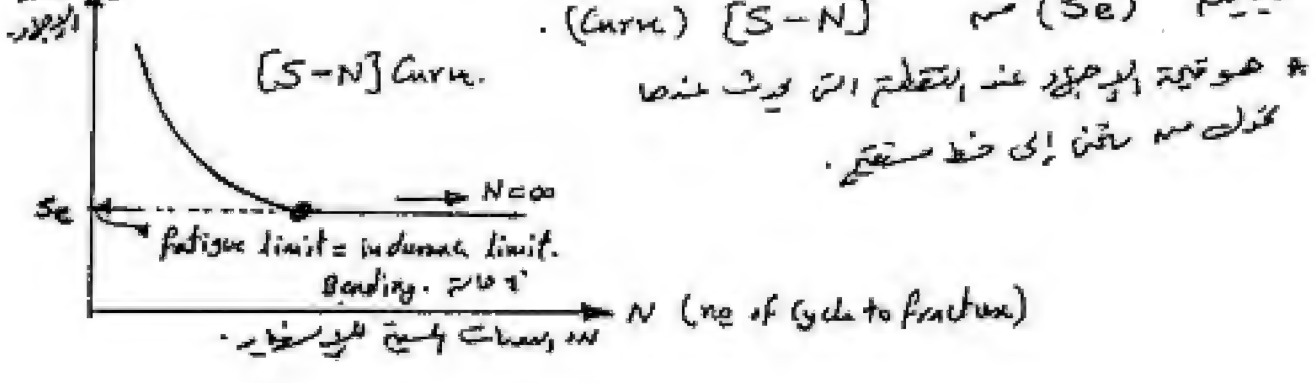
Completely reversed stress in Bending.

* يؤثر على العينة بعدد لانهائي من دورات التحميل دون حدوث كسر بها في على إختبار آخر تكسر العينة . ← يسمى (over stressing) بشرط دورات التحميل أكبر من (fatigue limit).

* عند إختبار العينة عند أقل من fatigue limit . بحيث تظل بدون كسر حتى عدد كبير من الدورات في على إختبار آخر تكسر العينة عند إجهاد أقل ← يسمى (under stressing)

ويتعين (S_e) من [S−N] (Curve).

* هو قيمة الإجهاد عند النقطة التي يحدث عندها تحول من منحنى إلى خط مستقيم.



$$S_e\ (\text{Tension}) = 0.85\ S_e\ (\text{Bending})$$

$$S_e\ (\text{Torsion}) = 0.58\ S_e\ (\text{Bending})$$

#

fatigue occur due variant of stresses :-

[1] due to Tension :- بسبب الشد

$$S \rightarrow \begin{cases} S_{max} \\ S_{min} \end{cases} = \sigma_{tension} = \frac{P}{A} \rightarrow \begin{cases} S_{max} = \dfrac{P_{max}}{A} \\ S_{min} = \dfrac{P_{min}}{A} \end{cases}$$

[2] due to bending :- بسبب العزم.

$$S \rightarrow \begin{cases} S_{max} \\ S_{min} \end{cases} = \sigma_{Bending} = \frac{M y}{I} \rightarrow \begin{cases} S_{max} = \dfrac{M_{max} * y}{I} \\ S_{min} = \dfrac{M_{min} * y}{I} \end{cases}$$

for simply supported $\Rightarrow$ $S = \frac{PL}{4} * \frac{y}{I}$

for Cantilever . beam $\Rightarrow$ $S = P * L * \frac{y}{I}$

P, L

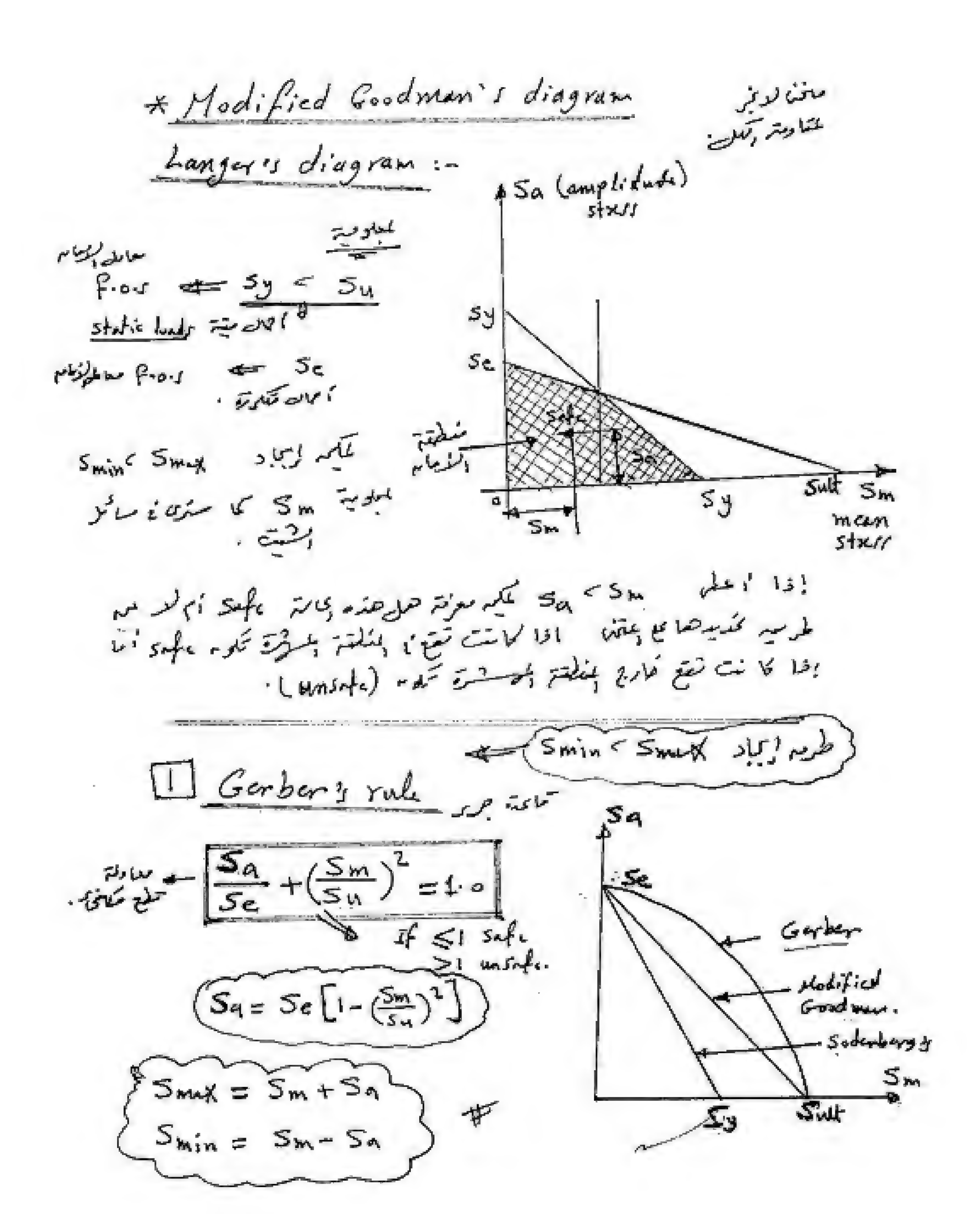
P, L

[3] due to Torsion :- بسبب عزم اللي.

$$S \rightarrow \begin{cases} S_{max} \\ S_{min} \end{cases} = \tau_{Torsion} = \frac{T \cdot r}{J}$$

r, T

$$S_{max} = \frac{T_{max} \cdot r}{J} \quad \# \qquad S_{min} = \frac{T_{min} \cdot r}{J} \quad \#$$


* Modified Goodman's diagram
Langer's diagram :-
Sa (amplitude) stress
f.o.s ⟸ Sy < Su
static loads
f.o.s ⟸ Se
Smin < Smax
Sm
Sy
Se
Safe
Sa
Sult
Sm mean stress
Sm
Sa < Sm
Safe
(unsafe).
Smin < Smax
1 Gerber's rule
$\frac{S_a}{S_e} + \left(\frac{S_m}{S_u}\right)^2 = 1.0$
If ≤ 1 safe
≥ 1 unsafe.
$S_a = S_e\left[1 - \left(\frac{S_m}{S_u}\right)^2\right]$
$S_{max} = S_m + S_a$
$S_{min} = S_m - S_a$
Sa
Se
Gerber
Modified Goodman.
Soderberg
Sm
Sy
Sult

2 Goodman's rule نظرية جودمان

$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ult}} = 1.0$$ → معادلة خط مستقيم.

$$S_a = S_e\left[1 - \frac{S_m}{S_{ult}}\right]$$

$$S_{max} = S_m + S_a$$
$$S_{min} = S_m - S_a$$

#

3 Soderberg's rule نظرية سودربرج

$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_y} = 1.0$$ → معادلة خط مستقيم.

$$S_a = S_e\left[1 - \frac{S_m}{S_y}\right]$$

$$S_{max} = S_m + S_a$$
$$S_{min} = S_m - S_a$$

قيم كل من (S_{ult} , S_y , S_e) هي التي تقسم على (f.o.s) فقط.

#

sheet No (8)

No(1)

Given

machine member — A, B, C

	A	B	C
(kg/mm^2) S_{max}	+12	+8	+4
(kg/mm^2) S_{min}	-8	zero	-2

tensile strength ⇒ $S_{ult} = 40\ kg/mm^2$, $S_y = 24\ kg/mm^2$ ⇒ $f.o.s = 2.0$

$S_e = 20\ kg/mm^2$ ⇒ $f.o.s = 3.0$

$$S_{ult} = \frac{40}{2} = 20\ kg/mm^2$$

$$S_y = \frac{24}{2} = 12\ kg/mm^2$$

$$S_e = \frac{20}{3} = 6.67\ kg/mm^2$$

for point (A)

$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{12 - 8}{2} = 2\ kg/mm^2$$

$$S_a = \frac{S_{max} - S_{min}}{2} = \frac{12 + 8}{2} = 10\ kg/mm^2$$

نقطه تقع خارج المدى .

point (A) is out of range ⇒ **unsafe**

point (B)

$S_m = 4$, $S_a = 4$ is in range **(safe)**

point (C)

$S_m = 1.0$, $S_a = 3.0$ is in range (safe)

but (A) not safe ∴ (member is unsafe) #

No(2)

Given

$S_m = 1260$ kg/cm²

$S_{ult} = 4200$ "

$S_y = 3360$ "

$S_e = 2100$ "

Req

S_{max} & S_{min} using Goodman & Gerber & Soderberg.

Solution

1 Gerber's rule

$$S_a = S_e \left[1 - \left(\frac{S_m}{S_{ult}}\right)^2\right]$$

$$= 2100\left[1 - \left(\frac{1260}{4200}\right)^2\right] = 1911 \text{ kg/cm}^2$$

$S_{max} = S_m + S_a = 1260 + 1911 = 3171$ kg/cm²

$S_{min} = S_m - S_a = 1260 - 1911 = -651$ kg/cm²

2 Goodman's

$$S_a = S_e\left[1 - \frac{S_m}{S_{ult}}\right] = 2100\left[1 - \frac{1260}{4200}\right] = 1470 \text{ kg/cm}^2$$

$S_{max} = 2730$ kg/cm² $S_{min} = -210$ kg/cm²

3 Soderberg's

$$S_a = S_e\left[1 - \frac{S_m}{S_y}\right] = 2100\left[1 - \frac{1260}{3360}\right] = 1312.5 \text{ kg/cm}^2$$

$S_{max} = 2572.5$ kg/cm² $S_{min} = -52.5$ kg/cm²

No (3)

Given

$P_{max} = +3 \text{ ton}$, $P_{min} = +1 \text{ ton}$.

$S_m = ?$, $S_{ult} = 40 \text{ kg/mm}^2$
$S_y = 24 \text{ kg/mm}^2$
$S_e = 18 \text{ kg/mm}^2$ } ← f.o.s = 2.0

Key

find $A = ?$ by Goodman diagram & Soderberg.

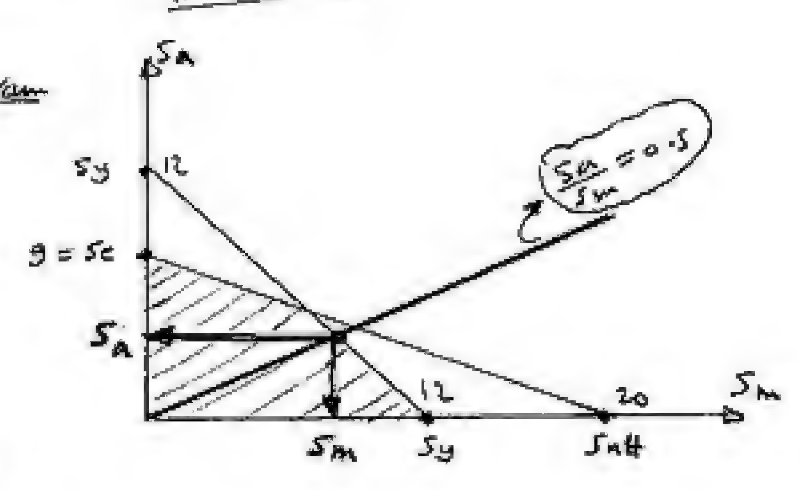
Solution

$$S_{max} = \frac{P_{max}}{A} = \frac{3^{\text{ton}}}{A} \quad , \quad S_{min} = \frac{1^{\text{ton}}}{A}$$

$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{3 * 10^3 + 1 * 10^3}{2A} = \boxed{\frac{2 * 10^3}{A}}$$

$$S_a = \frac{S_{max} - S_{min}}{2} = \boxed{\frac{1 * 10^3}{A}}$$

1 Goodman diagram



$S_{ult} = \frac{40}{2} = 20$ ← f.o.s

$S_y = \frac{24}{2} = 12$

$S_e = \frac{18}{2} = 9$

$$\frac{S_a}{S_m} = \frac{1 * 10^3 / A}{2 * 10^3 / A} = 0.5$$

[illegible] S_a ، S_m [illegible]
[illegible] scale.

[2] by Soderberg.

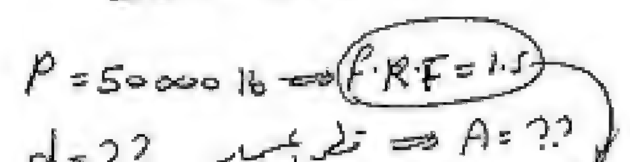
$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_y} = 1$$

$$\frac{1*10^3}{A*9} + \frac{2*10^3}{A*12} = 1.0 \Longrightarrow A = \frac{1*10^3}{9} + \frac{2*10^3}{12}$$

$$A = 277.8\ mm^2 \quad \#$$

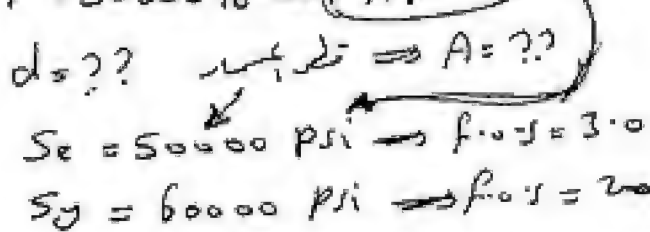
N°(4)

Given المعطى



$P = 50000\ lb \Rightarrow F.R.F = 1.5$

$d = ??$ نحسب $\Rightarrow A = ??$



$S_e = 50000\ psi \Rightarrow f.o.s = 3.0$

$S_y = 60000\ psi \Rightarrow f.o.s = 2.0$

stress concentration factor $= 2.0$ Req.:- $D = ??$

[1] diameter due to fatigue stress

$$\frac{S_e}{F.R.F * f.o.s} = \frac{P}{A} \Longrightarrow \frac{50000}{1.5*3} = \frac{50000}{A}$$

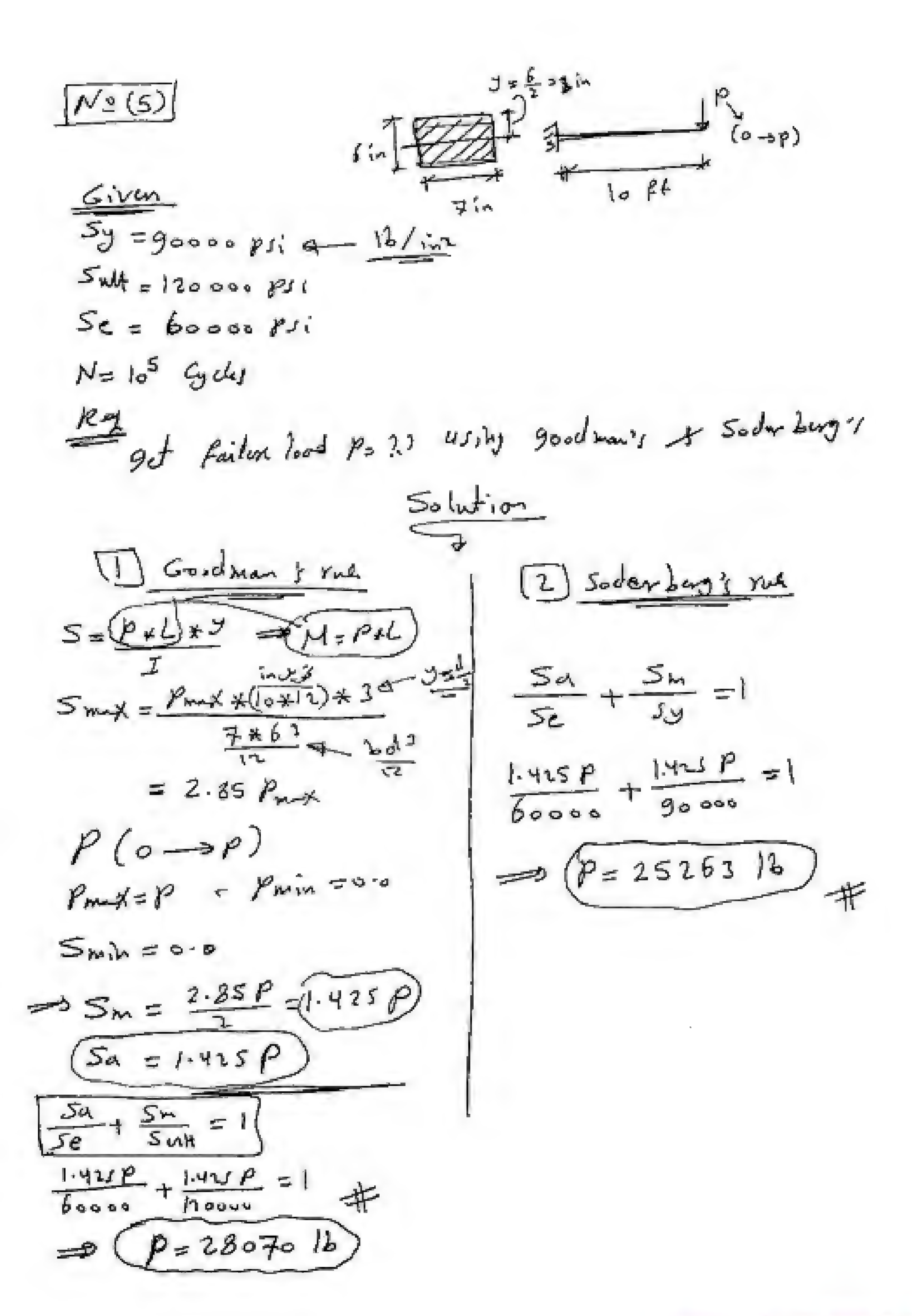
$$A = 4.5\ in^2 = \frac{\pi}{4} D^2 \Rightarrow D = 2.4''\ in \quad \#$$

[2] diameter due to yield stress (static stress)

stress concentration factor

$$\frac{S_y}{scf * f.o.s} = \frac{P}{A} \Longrightarrow \frac{60000}{2*2} = \frac{50000}{A} \Rightarrow A = \frac{20}{6}$$

$$A = 3.33\ in^2 \Longrightarrow D = 2.06''\ in \quad \#$$



No (5)

$y = \frac{6}{2} = 3$ in

6 in × 7 in cross-section; cantilever length 10 ft; load P (0 → P)

Given

$S_y = 90000$ psi ← lb/in²

$S_{ult} = 120000$ psi

$S_e = 60000$ psi

$N = 10^5$ cycles

Req

get failure load P = ?? using goodman's & soderberg's

Solution

1) Goodman's rule

$$S = \frac{(P*L)*y}{I} \Rightarrow M = P*L$$

$$S_{max} = \frac{P_{max}*(10*12)*3}{\frac{7*6^3}{12}} \quad \left(\text{in} \times 3,\ y = \frac{d}{2},\ \frac{bd^3}{12}\right)$$

$$= 2.85\, P_{max}$$

$P\ (0 \rightarrow P)$

$P_{max} = P$, $P_{min} = 0.0$

$S_{min} = 0.0$

$$\Rightarrow S_m = \frac{2.85P}{2} = 1.425P$$

$$S_a = 1.425P$$

$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ult}} = 1$$

$$\frac{1.425P}{60000} + \frac{1.425P}{120000} = 1$$

$$\Rightarrow P = 28070 \text{ lb}$$

2) Soderberg's rule

$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_y} = 1$$

$$\frac{1.425P}{60000} + \frac{1.425P}{90000} = 1$$

$$\Rightarrow P = 25263 \text{ lb}$$

Metallurgy

Bond between atoms

الروابط بين الذرات

Ch(1) + Ch(2)

Chapter (1)

assification of Solid engineering materials تصنيفات المواد الهندسية.

* تنقسم المواد الهندسية إلى خمس مجموعات :-

1- Metals and metalic alloys الفلزات والسبائك الفلزية

A) Ferrous metals مواد حديدية

Fe (Iron الحديد)

steel الحديد الصلب → (Fe) + C % ≤ 2 %

cast iron الحديد الزهر → (Fe) + C % > 2 %

حوالي ٩٠٪ من المواد المنتجة سنويا بالعالم حديد صلب (Steel).

B) Non-ferrous metals مواد معدنية غير حديدية

Cu النحاس ، Ni النيكل ، Al الألومنيوم ، Au الذهب ، Ag الفضة

وبعض السبائك مثل (Brass) النحاس الأصفر (Cu + Zn) (Zn 30%، 70%).

(Duralumine) الديورالومنيوم (Al + Cu) → (4-5 %)

يستخدم في صناعة الطائرات لأنه خفيف الوزن - بالمقارنة - ومقاوم له

* properties of metals :- خواص الفلزات.

1- high conductivity for electricity & heat. موصل جيد للحرارة والكهرباء

2- have agood mechanical properties. له خواص ميكانيكية جيدة.

2- Ceramics الخزفيات

مثل الطوب brick ، الزجاج glass ، العوازل insulators

.. الأكاسيد مثل أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 ، أكسيد حديد Fe_2O_3

.. الكلوريدات مثل كلوريد الصوديوم $NaCl$ ،

* properties of ceramics :- خواص الخزفيات

- Low conductivity for electricity & heat . موصل ضعيف للحرارة والكهرباء
- have high strength & hardness . لها مقاومة وصلادة عالية .

3- Semi-conductor . أشباه الموصلات

مثل السيليكون (Si) ، الجرمانيوم (Gi) ، القصدير (tin)
تستخدم في تصنيع الأجزاء الكهربية .
تعتمد التوصيل الكهربي على فجوات الطاقة (energy gap)
القصدير (tin) له فجوات طاقة صغيرة ولذلك يتصرف مثل الفلزات فهو موصل جيد للحرارة والكهرباء .
(Si ، Gi) لهم فجوات طاقة كبيرة ولذلك يتصرفوا مثل أشباه الموصلات موصل للحرارة والكهرباء .

4- Polymers . البوليمرات

مثل الخشب (wood) ، المطاط (rubber) ، البلاستيك (plastic)
تنتج عن طريق بناء جزيئة كبيرة مكونة من جزيئات عضوية في عملية البلمرة

* Properties of Polymers :-

١- ضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء
٢- لها مقاومة صغيرة .
٣- مواد خفيفة صفات مقاومة عالية ضد التآكل .

5- Composite: المواد المركبة

مواد مكونات تتحد مع بعض لتعطي خواص جديدة

EX Concrete الخرسانة ، Carbon fiber الألياف الكربونية .

* properties of composites

1- High strength & ductility ذات مقاومة ومطولية جيدة .

Chapter (2)

Bonding between atoms. الروابط بين الذرات .

(ذرة) atom

molecule (جزئ)

الجزيئات أكثر إستقراراً من الذرات وذلك لوجود الإلكترونات كاملة في المستويات الخارجية بالذرات ما بغير موجودة بالجزيئات .

أنواع الروابط :-

① primary bonds. روابط رئيسية
روابط قوية وثابتة

② Secondry bonds. روابط ثانوية
روابط ضعيفة وغير ثابتة

* Types of primary bonds :- أنواع الروابط الرئيسية .

① Metalic bond :- روابط معدنية

* exist in metals & metalic alloys. توجد في الفلزات والسبائك الفلزية.

تحدث بين الذرات المتشابهة . Cu ، Fe ، Ni ، Al.

* تفقد الذرات الإلكترونات الموجودة في المدار الخارجي .

* تتكون سحابة الكترونية حرة الحركة (cloud)

* يحدث التجاذب بين الإلكترونات السالبة والبروتونات الموجبة فتتكون الرابطة الفلزية

electric

* properties of metalic bond :-

1- good Conductor for heat and electericity جيد التوصيل للحرارة والكهرباء
due to the presence of free electron بسبب وجود الإلكترونات الحرة

2- high malleability and ductility عالي المطيلية والطروقية

3- Low melting point and boiling temprature. درجة حرارة الانصهار والغليان منخفضة

4- solid materials only. مواد صلبة فقط

2) Ionic bond :- روابط أيونية

دائما يكون المدار الأخير لذرة الرابطة مشبعة بأكثر من ٤ إلكترونات
إلكترون أو إثنين

EX

$Na \longrightarrow Na^+ + e^-$

$+ Cl \longrightarrow Cl^-$

$Na^+ + Cl^- = NaCl$ (Neutral) متعادل
كلوريد الصوديوم.

e- إلكترون واحد في المدار الأخير

7 electrons.

Na + Cl = NaCl
↓
يتم الوصول لحالة الاستقرار

Al_2O_3 (أكسيد الألومنيوم) , MgO

١- تفقد بعض الذرات إلكترونات في المدار الأخير وتتحول إلى أيونات موجبة
٢- تكتسب الذرات الأخرى هذه الإلكترونات وتتحول إلى أيونات سالبة
٣- يحدث تجاذب بين الأيونات الموجبة والسالبة فتتكون الرابطة الأيونية.

* الروابط الأيونية أقوى من الروابط الفلزية وذلك بسبب حالة الاستقرار التي يصل لها الرابطة.

روابط أيونية Ionic bond >> Metalic bond روابط فلزية

Al (metalic bond) ← تنصهر عند (660°C).

* properties of ionic bond :-

1- bad conductor for heat and electricity سوصلات سيئة للحرارة والكهرباء
2- not malleable and not ductile قابلية للطولية والطرقية .
3- high melting and boiling temperature . درجة حرارة الانصهار والغليان مرتفعة
4- high hardness عالية الصلادة .

③ Covelant bond :- روابط تساهمية

تحدث بين الذرات المتشابهة بحيث يتكون مدار مكتمل الالكترونات بين الذرتين .

1- single bond رابطة تساهمية أحادية

$H-H \rightarrow H_2$

2 electron.

H – H

كل عنصر يشارك بإلكترون واحد

2- double bond . رابطة تساهمية ثنائية

$O=O \rightarrow O_2$

4 electron

O = O

كل عنصر يشارك بـ ٢ إلكترون .

3- Triple bond . رابطة تساهمية ثلاثية

$N \equiv N \rightarrow N_2$

6 electrons.

$N \equiv N$

كل عنصر يشارك بـ ٣ إلكترون .

EX isulating materials are :- diamond , SiC , SiO_2

Covelant bond >> Ionic bond >> Metalic bond.
الرابطة التساهمية أقوى من الرابطة الأيونية أقوى من الرابطة المعدنية

* properties of Covalent bond :-

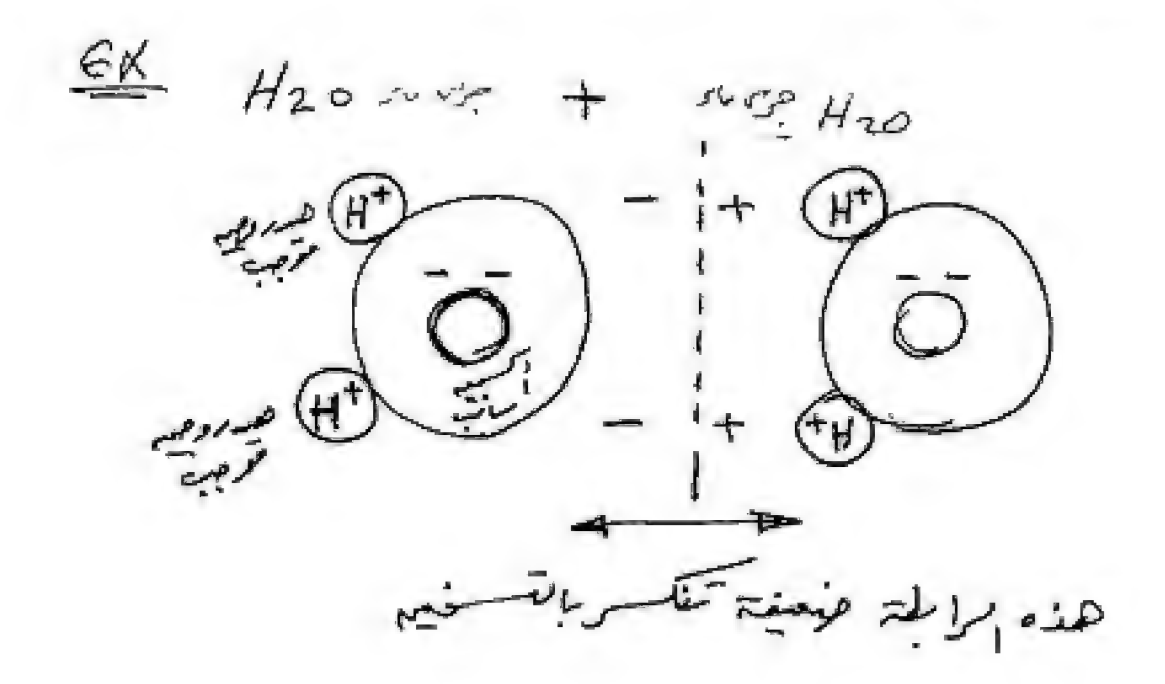
1- bad conductor for heat and electricity. موصلات رديئة للحرارة والكهرباء
2- not malleable and not ductile. قابلية الطولية والطرق ضعيفة
3- high melting and boiling temprature. درجة حرارة الانصهار والغليان مرتفعة
4- have low hardness except diamond & silicon carbide.
لها صلادة منخفضة ما عدا الماس وكربيد السيليكون.

* Types of secondry bonds :- أنواع الروابط الثانوية.

① Van der walls bond :-

- Weak electrical attraction between neighboring atoms or Molecules.

- تجاذب كهربي ضعيف بين الذرات أو الجزيئات المتجاورة.



sheet (1)

6 -

→ iron at t = 25°C and at t = 1000°C

iron 0 → 910 α-iron
910 – 1400 F.C.C γ-iron
> 1400 B.C.C δ-iron

1) at t = 25° iron is B.C.C

No. of atoms = 2 —— volume of cell $a = \frac{4}{\sqrt{3}} R$

$$\rho = \frac{\text{No. of atoms} \times \text{At. wt} / \text{avogadro}}{\text{volume of cell}}$$

$$= \frac{2 \times 55.85}{6.02 \times 10^{23}} \Big/ \left(\frac{4}{\sqrt{3}} \times 1.24 \times 10^{-8}\right)^3 = 7.9 \ \text{gm/cm}^3$$

at 1000°C is F.C.C

No. of atoms = 4 $a = \frac{4}{\sqrt{2}} R$

$$\rho = \frac{4 \times 55.85}{6.02 \times 10^{23}} \Big/ \left(\frac{4}{\sqrt{2}} \times 1.24 \times 10^{-8}\right)^3 = 8.6 \ \text{gm/cm}^3$$

Metallurgy

Crystal Structure

البناء البللوري

ch(3)

Chapter (3)

Crystal structure التركيب البلوري

* هو شكل يبين توزيع الذرات وطريقة تماسكها داخل الخلية

atoms (الذرات) $\xrightarrow{\text{assembling}}$ unit cell (خلية) $\xrightarrow{\text{assembling}}$ grain (حبيبة) $\xrightarrow{\text{assembling}}$ material (المادة).

unit cell :- هي أصغر وحدة لبناء الذرات وترتيبها داخل المادة .

** **factor affecting cell shape :-** العوامل المؤثرة في شكل الخلية :

1. Cell dimension a_o , b_o , c_o . أطوال الأضلاع
2. Cell angle α , β , γ . الزوايا

*** حالات من أشكال unit cell

(1) $a_o = b_o = c_o$, $\alpha = \beta = \gamma = 90$ ⟸ يصبح متوازي السطوح مكعب (Cube)

(2) $a_o = b_o \neq c_o$, $\alpha = \beta = \gamma = 90$ ⟸ يصبح متوازي سطوح Tetragonal.

(3) $a_o \neq b_o \neq c_o$, $\alpha = \beta = \gamma = 90$ ⟸ orthorhombic

(4) $a_o = b_o = c_o$, $\alpha = \beta = \gamma \neq 90$ ⟸ Rhombohedral.

(5) $a_o \neq b_o \neq c_o$ ⟸ ... ...

* The most important system is :-

① Cubic system — شكل المكعب

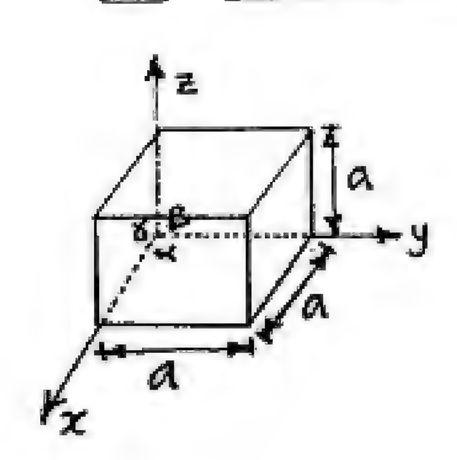
② hexagonal system — شكل سداسي.

وذلك لأن معظم المعادن والسبائك المعدنية لها هذا البناء البلوري.

1 The Cubic System :-

$a_o = b_o = c_o = a$ → lattic parameter or lattic constant

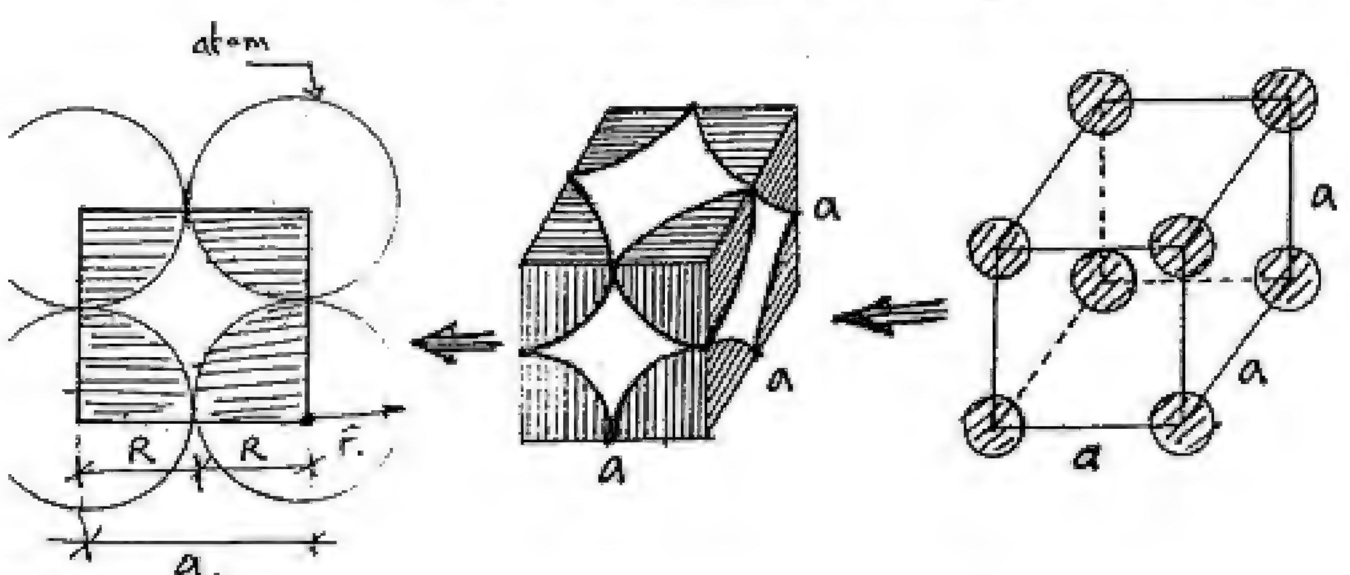
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$



* ويوجد ثلاث أشكال في حالة Cubic

A Simple Cubic structure — المكعب البسيط

* الذرات موجودة في الأركان فقط ومتماسة.



sequence of simple cubic structure is AAAA
4 4 4 4

- Volume of unit Cell = $a^3 = (2R)^3 = 8R^3$

where :-

a :- lattic parameter.

R :- Radius of atom.

- $\text{no of atoms / unit Cell} = 8 * \frac{1}{8} = 1$ atom

- Atomic packing factor

هو معامل يعبر عن الحيز الذي تشغله الذرات داخل الخلية .

$$A.P.F = \frac{\text{volume of atoms / unit cell}}{\text{volume of unit cell}} = \frac{\text{حجم الذرات داخل الخلية}}{\text{حجم الخلية}}$$

$$A.P.F = \frac{\text{no of atoms / unit cell} * \text{Volume of one atom}}{\text{volume of unit cell}}$$ #

- for simple cubic structure :-

$$A.P.F = \frac{1 * 4/3 * \pi * R^3}{8R^3} = \frac{\pi}{6} = 0.52$$

أي أن حجم الذرات داخل الخلية = 52 % وأما حجم الفراغات = 48 %

[B] Body Centered Cubic structure (B.C.C)

- ذرات موجودة في الأركان وذرة في منتصف عند تقاطع الأقطار :

$$a\sqrt{3} = 4R \Longrightarrow \boxed{a = \frac{4}{\sqrt{3}} R}$$

- Volume of unit Cell $= a^3 = \left(\frac{4}{\sqrt{3}}\right)^3 R^3$

- $n_{\underline{o}}$ of atoms / unit Cell $= 8 * \frac{1}{8} + 1 = 2$ atom.

- $$A.P.F = \frac{n_{\underline{o}} \text{ of atoms / unit Cell} * \text{Volume of one atom}}{\text{Volume of unit Cell.}}$$

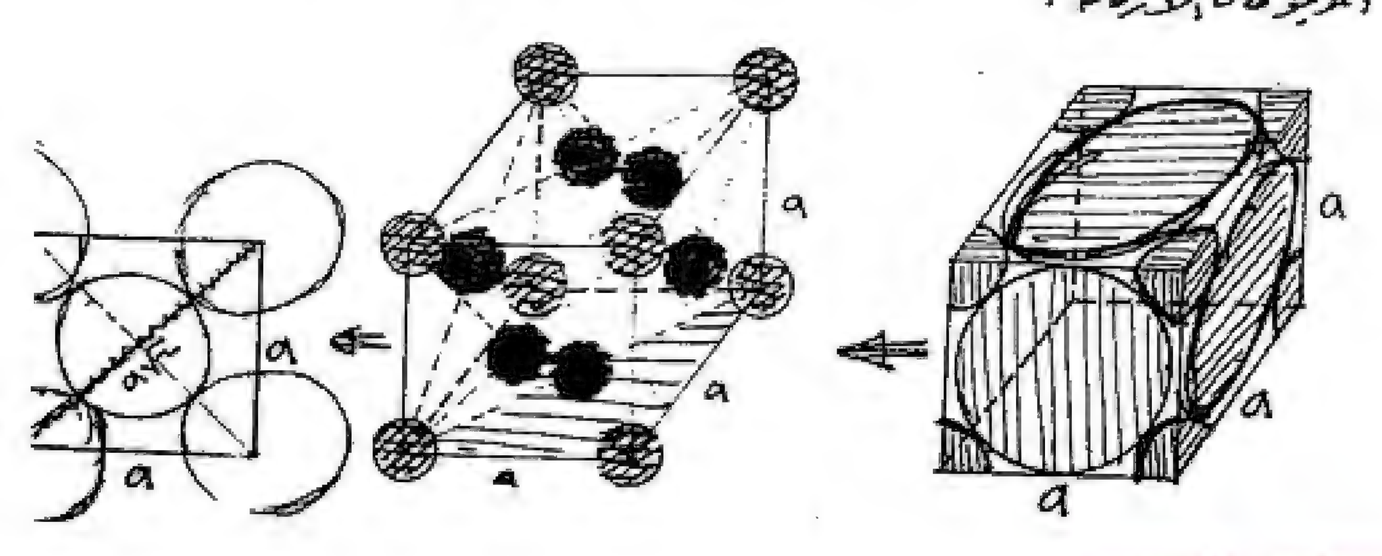
$$\therefore \boxed{A.P.F = \frac{N * 4/3 * \pi * R^3}{a^3}} \#$$

$$\therefore A.P.F = \frac{2 * 4/3 * \pi * R^3}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}}\right)^3 * R^3} = 0.68$$

أي أن حجم الذرات داخل الخلية = 68% بينما حجم الفراغات = 32%

C Face Centered Cubic structure (F.C.C)

- ذرات موجودة في الأركان وذرة في منتصف كل وجه من أوجه المكعب غير الذرات الموجودة في الأركان.



$$a\sqrt{2} = 4R \Rightarrow \boxed{a = \frac{4}{\sqrt{2}} R}$$

- Volume of unit cell $= a^3 = \left(\frac{4}{\sqrt{2}}\right)^3 R^3$ #

- N° of atoms / unit cell $= 8 * \frac{1}{8} + 6 * \frac{1}{2} = 4$ atoms. #

$$\boxed{A \cdot P \cdot F = \frac{N * \frac{4}{3} * \pi * R^3}{a^3}}$$

$$A \cdot P \cdot F = \frac{4 * \frac{4}{3} * \pi * R^3}{(4/\sqrt{2})^3 R^3} = 0.74$$

∴ حجم الذرات داخل الخلية = 74 % وأما حجم الفراغات = 26 %

---

2 Hexagonal system.

A Hexagonal closed packed structure (H.C.P)

- توجد ذرات في كل ركن من أركان السداسي وتوجد ذرة في مركز كل قاعدة وثلاث ذرات داخل المجسم السداسي

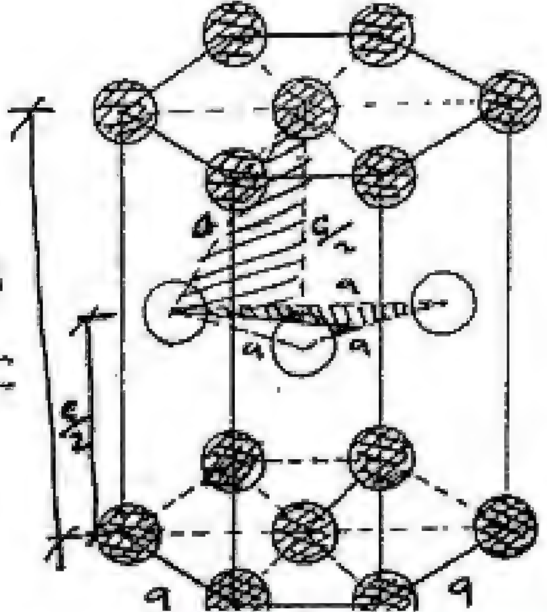
N° of atoms / unit cell =

$$12 * \frac{1}{6} + 2 * \frac{1}{2} + 3 = 6 \text{ atoms}$$

Volume of unit cell = Area of base * hight.

$$= 6 * \left(\frac{1}{2} a * a \sin 60\right) * C$$

$$V = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 * c$$



For ideal (H.c.p)

$\boxed{c = 1.63\,a}$ & $\boxed{a = 2R}$

why?

a, c/2, a, 60°, a sin 60 = $\frac{\sqrt{3}}{2}a$, ثلثي متوسط المثلث

$$a^2 = \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \left(\frac{2}{3}\,a\sin 60\right)^2$$

$$a^2 = \frac{c^2}{4} + \left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right)^2 a^2$$

$$\frac{c^2}{4} = a^2 - \frac{3}{9}a^2 = \frac{6}{9}a^2$$

$$c^2 = \frac{24}{9}a^2 \Rightarrow c = \sqrt{\frac{24}{9}}\,a \Rightarrow \boxed{c = 1.63\,a}$$

$$A.P.F = \frac{N * \frac{4}{3} * \pi * R^3}{V}$$

$$= \frac{6 * \frac{4}{3} * \pi * R^3}{\frac{3\sqrt{3}}{2}a^2 * c} = \frac{8\pi R^3}{\frac{3\sqrt{3}}{2}a^2 * 1.63\,a}$$

$\boxed{a = 2R}$

a, R, R

$$A.P.F = \frac{8\pi R^3}{\frac{3\sqrt{3}}{2} * (2R)^2 * 1.63\,(2R)}$$

$$= \frac{8\pi R^3}{\frac{3}{2}\sqrt{3} * 1.63\,R^3 * 8} = 0.74$$

يعني ان نسبة التعبئة في (H.c.p) = 74% و الفراغ = 26%

مثل (F.c.c)

Examples

(1) (B.C.C)

Fe at Temprature < 910 °c

Vanduim (V)

Nolbium (Nb)

(2) (F.C.C)

Fe at 1410°c > T > 910 °c

Copper (Cu) النحاس ، Al الالومنيوم ، Nickel (Ni) النيكل

silver (Ag) الفضة ، Gold (Au) الذهب

(3) (H.C.P)

الزنك ، الجرافيت ، البريليوم ، الماغنسيوم ، الكوبلت .

** Theoretical density

(At.wt) atomic weight → mass of one atom

$$\rho_{th} = \frac{mass}{volume} = \frac{\text{mass of atoms}}{\text{volume of unit cell}} = \frac{\text{mass of one atom} \times \frac{\text{no. of atoms}}{N_a}}{a^3}$$

(N_a عدد أفوجادرو)

Theoritical density الكثافة النظرية :

$$\rho = \frac{mass}{Volume} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

$$= \frac{\text{mass of unit Cell}}{\text{Vol. of unit Cell}} \Longrightarrow \rho = \frac{\text{wt of atoms / u.c}}{\text{Vol. of u.c}}$$

$$\therefore \rho = \frac{\text{No of atoms} * \frac{\text{At. wt}}{6.02 \times 10^{23}}}{\text{Vol. of u.c}}$$ ← عدد أفوجادرو #

---

directions and planes in unit Cell

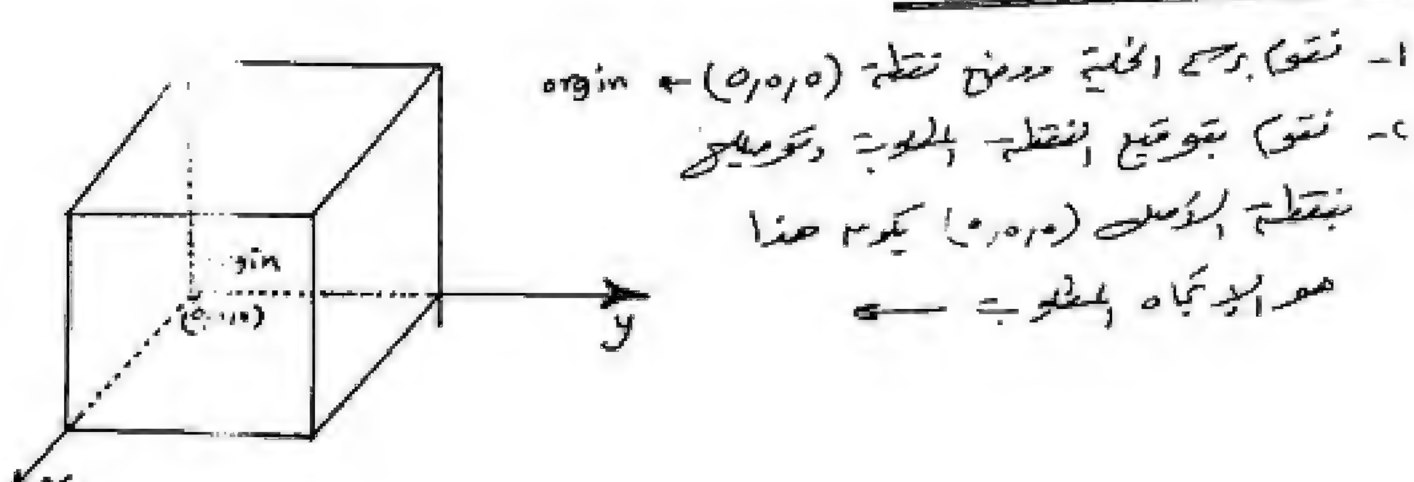
*** lattice Point** النقطة

The point in u.c where an atom may exist.

هي النقطة التي يوجد عندها ذرة في الخلية وتمثل بالمحاور ← at [x, y, z]

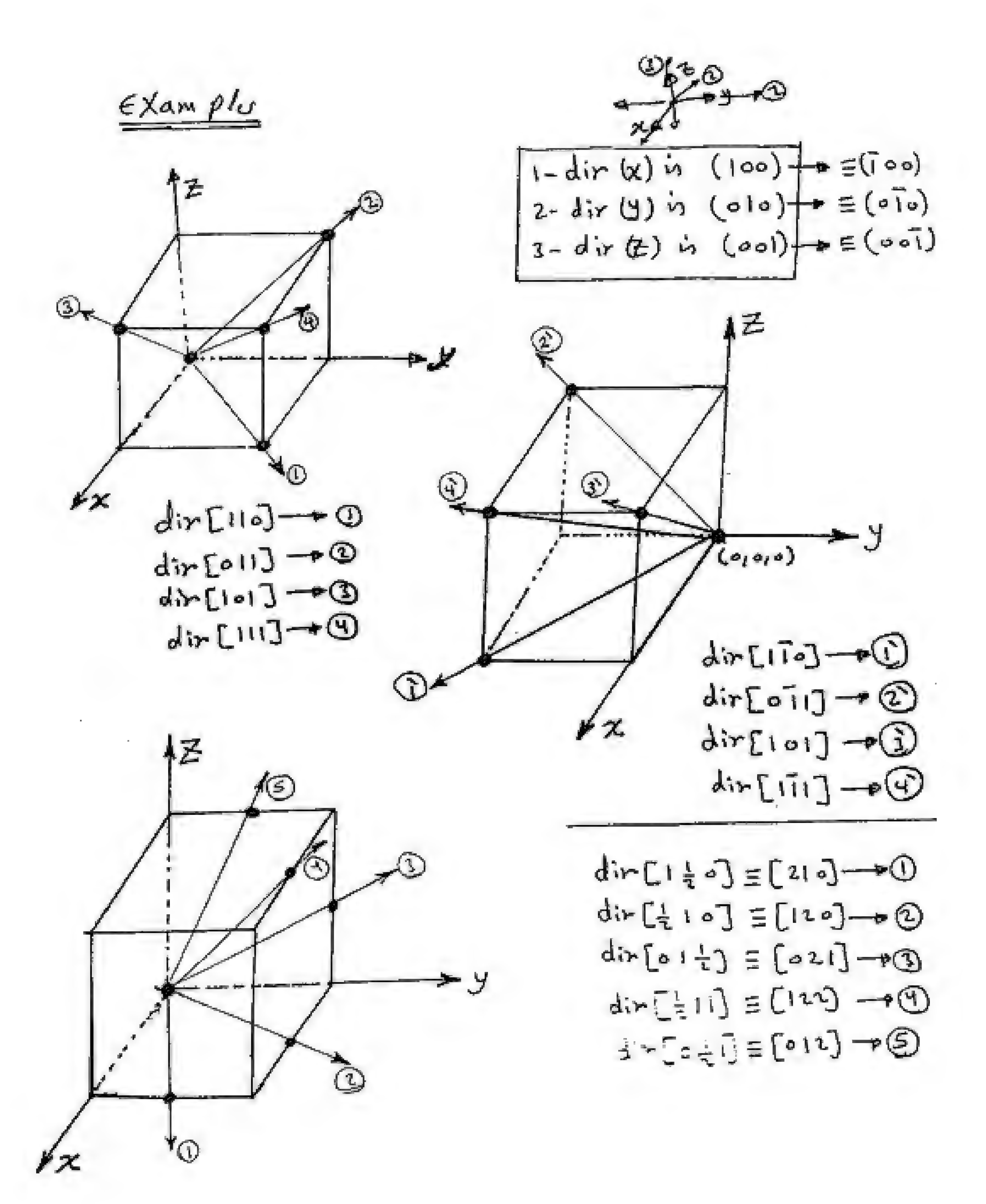
*** Directions** [Miller - Bravais system] الاتجاه :

كيفية تعيين أي اتجاه مطلوب :



1- نقوم برسم الخلية ونضع نقطة (0,0,0) ← origin

2- نقوم بتوضيح النقطة المطلوبة وتوصيلها بنقطة الأصل (0,0,0) يكون هذا هو الاتجاه المطلوب ←



Examplu
1- dir (x) is (100) → ≡ (1̄00)
2- dir (y) is (010) → ≡ (01̄0)
3- dir (z) is (001) → ≡ (001̄)
dir [110] → ①
dir [011] → ②
dir [101] → ③
dir [111] → ④
(0,0,0)
dir [11̄0] → ①'
dir [01̄1] → ②'
dir [101] → ③'
dir [11̄1] → ④'
dir [1 ½ 0] ≡ [210] → ①
dir [½ 1 0] ≡ [120] → ②
dir [0 1 ½] ≡ [021] → ③
dir [½ 1 1] ≡ [122] → ④
dir [0 ½ 1] ≡ [012] → ⑤

linear density الكثافة الخطية.

- هي عدد الذرات / وحدة الطول.

no of atoms per unit length.

* كيفية حساب الكثافة الخطية :-

١- توضيح الاتجاه المطلوب كما تم سابقاً ونوجد طوله.

٢- نقوم بحساب عدد الذرات على طول هذا الاتجاه (التي يمر الاتجاه بمركزه

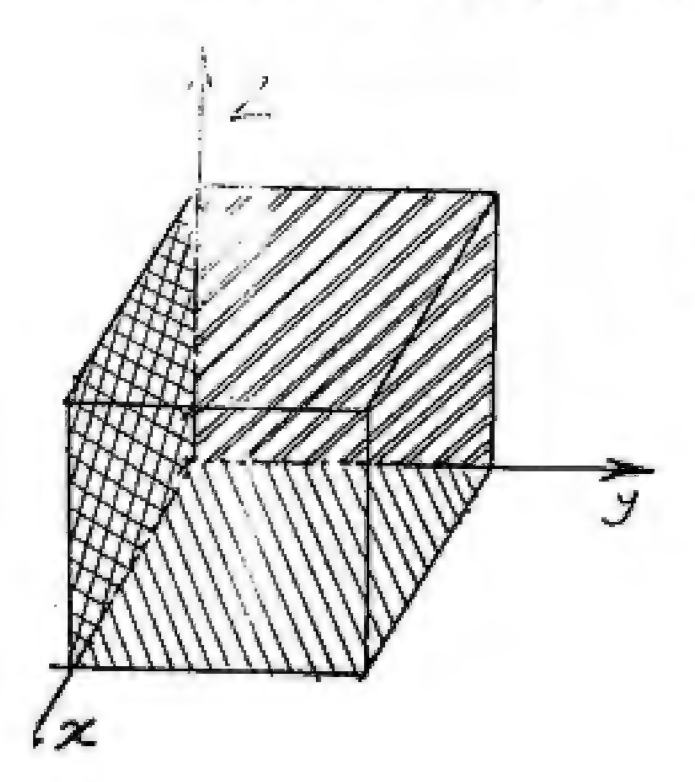
$$\text{linear density } (L.D) = \frac{\text{no of atom/dir}}{\text{length of dir}} = \frac{\text{عدد الذرات}}{\text{طول الاتجاه}}$$

---

* planes المستويات.

- لتمثيل المستوى نعتبر أنه كل نقطة تمثل خطاً بالمستوى

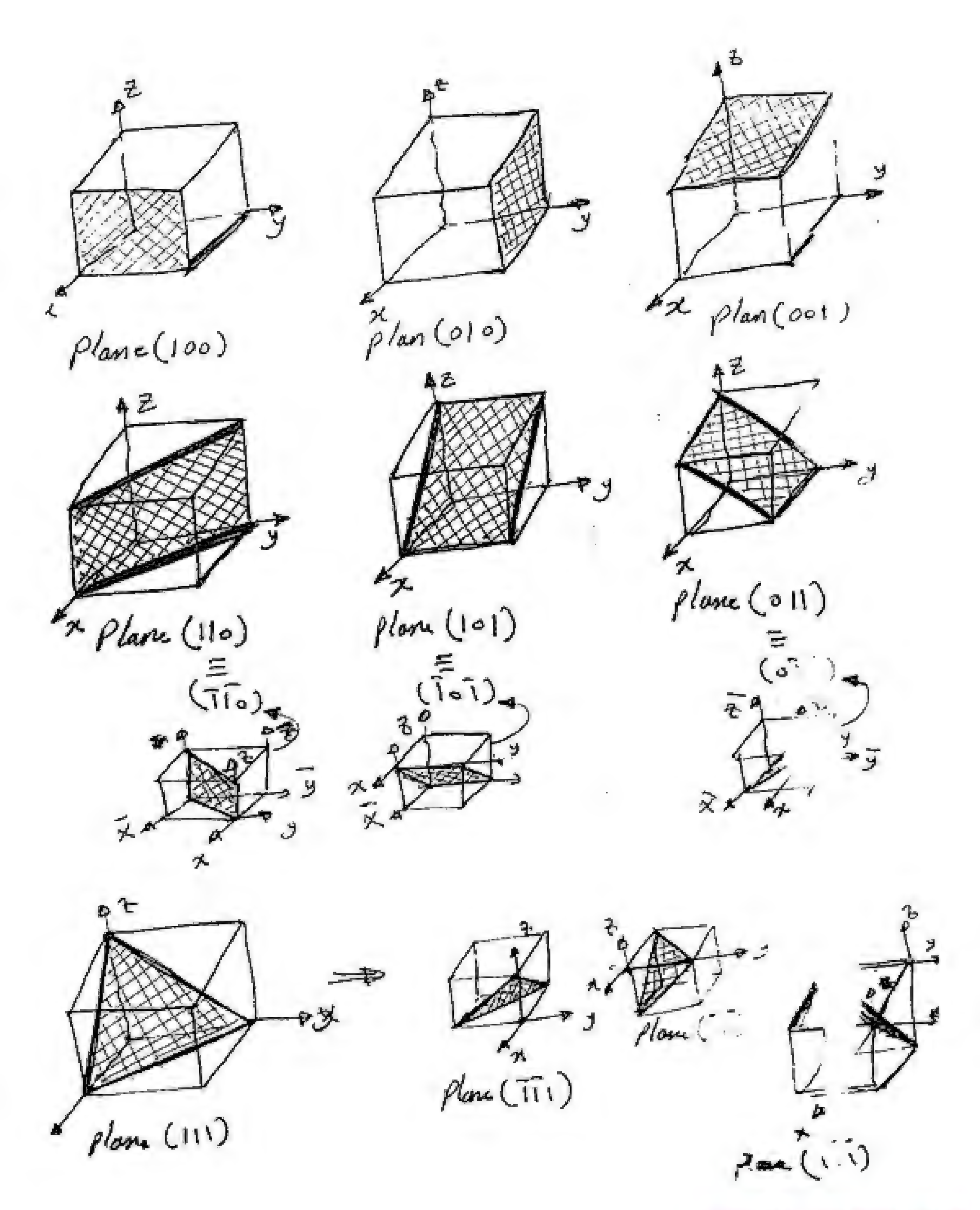
فمثلاً إذا كانت $(x=0)$ معناه أن المستوى موازي لمحور (x) (وهكذا).



(xy) plane $\xrightarrow{\text{يكافئ}}$ $(001) \equiv (00\bar{1})$

(yz) plane $\rightarrow (100) \equiv (\bar{1}00)$

(xz) plane $\rightarrow (010) \equiv (0\bar{1}0)$


plane (100)
plan (010)
plan (001)
Plane (110)
plane (101)
plane (011)
($\bar{1}\bar{1}0$)
($\bar{1}0\bar{1}$)
plane ($\bar{1}\bar{1}1$)
plane (111)

planner density الكثافة المستوية

- هي عدد الذرات في وحدة المساحة.

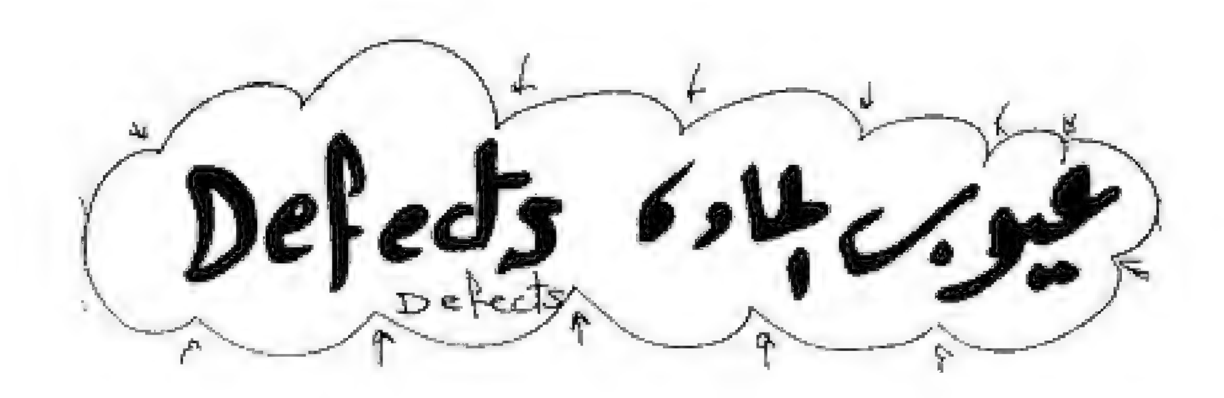
No. of atoms per unit Area.

*** كيفية حساب الكثافة المستوية**

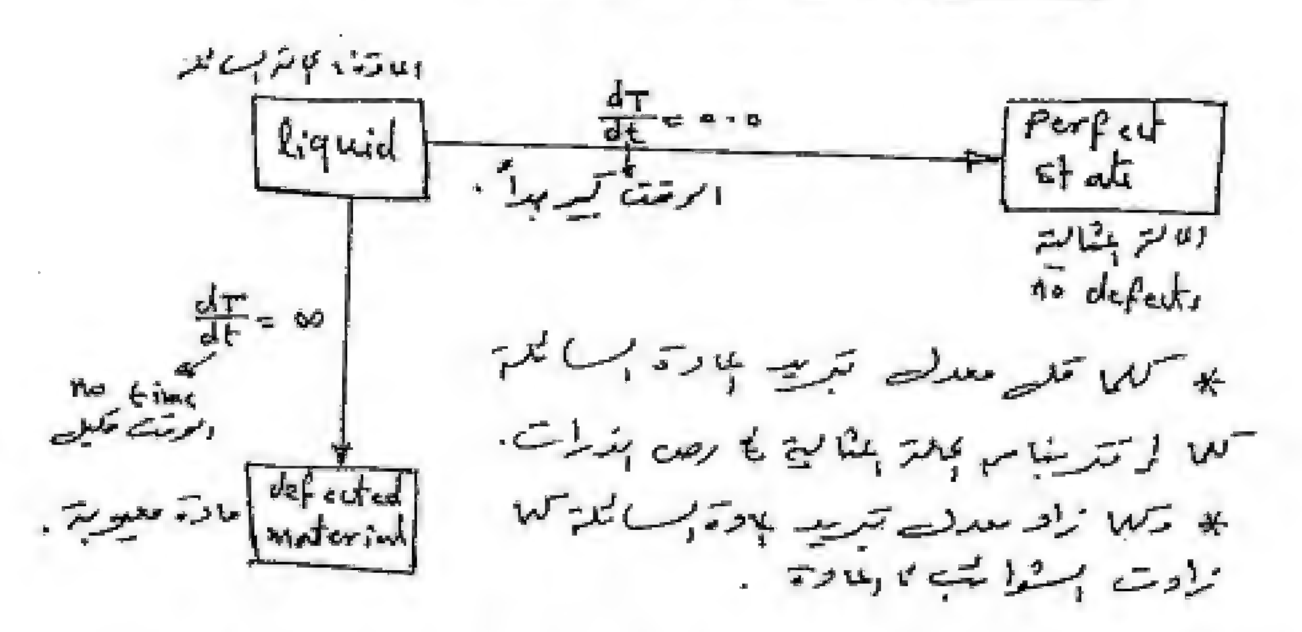
1- نرسم المستوى المطلوب كما في بحيث نوجد مساحة.

2- نقوم بحساب عدد الذرات الموجودة في هذه المساحة

$$\text{Planner density (P.D)} = \frac{\text{No. of atoms/plane}}{\text{Area of the plane}} = \frac{\text{عدد الذرات في المستوى}}{\text{مساحة المستوى}}$$


Defects
عيوب المادة
Defects

Imperfections (Defects) عيوب المادة .



* large number of defects ⟹ strength ↑ (تزداد) , ductility ↓ (تقل) .

** Defects . عيوب المادة

1 point defect :- عيوب موضعية .

(A) Vacancies . الفجوات

* فراغ ناتج عن عدم وجود ذرة أو أكثر في مكانها .

* as temprature ↑ (تزداد) ⟹ no of vacancies ↑ (تزداد)
* as no of vacancies ↑ (تزداد) ⟹ conductivity ↓ (التوصيلية . تقل)
* as no of vacancies ↑ (تزداد) ⟹ Density (ρ) ↓ (الكثافة . تقل)

A B C D

(B) self interstitial atoms.

ذرة أو أكثر من نفس نوع الذرة (self) محشورة داخل الفراغات البينية.

(If A.P.F is low)

as self interstitial atoms ↑ ⟹ Density (ρ) ↑

" ↑ ⟹ conductivity ↓

" ↑ ⟹ Ductility ↓

" ↑ ⟹ strength & Hardness ↑

(C) interstitial impurities

ذرة غريبة تحل محل ذرة أصلية محشورة داخل الفراغات البينية.

as interstitial imp. ↑ ⟹ ρ ↑ , strength ↑ , ductility ↓

مثال

ذرات الكربون تكون محشورة داخل ذرات الحديد

steel → iron → B.C.C ⟹ $R_{hole} = 0.36\ A^\circ$ قطر الفراغ

steel → iron → F.C.C ⟹ $R_{hole} = 0.52\ A^\circ$ قطر الفراغ

steel → Carbon

$R_C = 0.76\ A^\circ$

لذلك يكون ذوبان الكربون في F.C.C الحديد أسهل من ذوبانه في B.C.C الحديد.

ex iron at 1000°C ⟹ F.C.C

$R_{Fe} = 1.24\ A^\circ$ $\%C = 2\%$

Req Density of alloy.

$$\rho = \frac{mass\,(u.c)}{Volume\,(u.c)} = \frac{wt\ of\ Fe + wt\ of\ Carbon}{Vol}$$

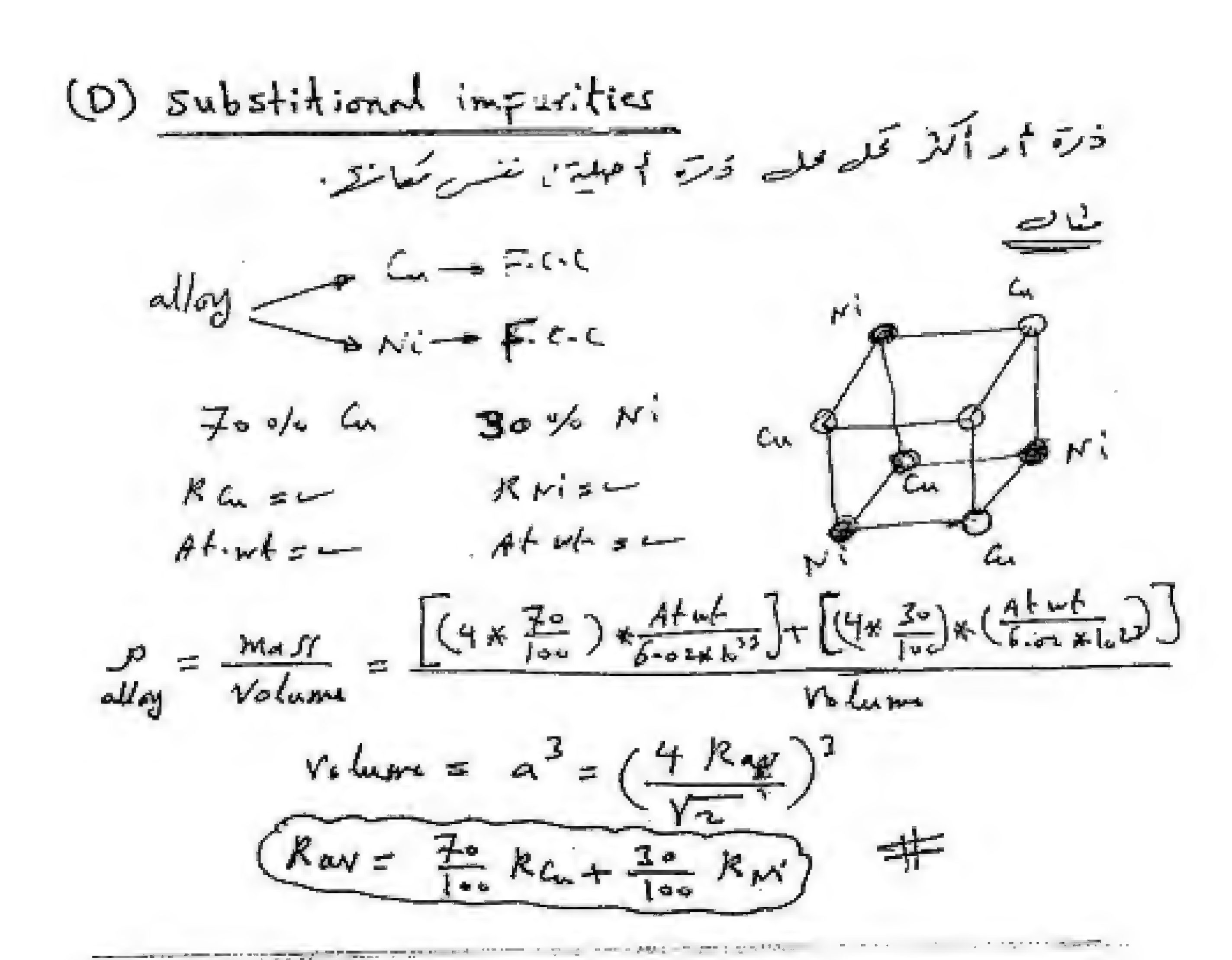
$$a = \frac{4}{\sqrt{2}} R$$

$$= \frac{\left[4 * \frac{At\ wt}{6.02*10^{23}}\right] + \left[\left(4 * \frac{2}{100}\right)\left(\frac{At\ wt}{6.02*10^{23}}\right)\right]}{\left[\frac{4}{\sqrt{2}} * (1.24 * 10^{-8})\right]^3} \Rightarrow \ldots\ g/cm^3$$

(D) substitional impurities

ذرة أو أكثر تحل محل ذرة أصلية في نفس مكانها.

مثال



alloy → Cu → F.C.C

alloy → Ni → F.C.C

70 % Cu 30 % Ni

$R_{Cu} = $ — $R_{Ni} = $ —

At.wt = — At.wt = —

$$\rho_{alloy} = \frac{Mass}{Volume} = \frac{\left[\left(4 * \frac{70}{100}\right) * \frac{At.wt}{6.02 \times 10^{23}}\right] + \left[\left(4 * \frac{30}{100}\right) * \left(\frac{At.wt}{6.02 \times 10^{23}}\right)\right]}{Volume}$$

$$Volume = a^3 = \left(\frac{4 R_{av}}{\sqrt{2}}\right)^3$$

$$R_{av} = \frac{70}{100} R_{Cu} + \frac{30}{100} R_{Ni}$$

#

---

2 line Defects . عيوب خطية (dislocation) الانخلاعات.

It's an extra half plan of atoms ⊥

* slip plane ⊥ extra half plane.

(edge) line dislocation الانخلاع في

slip plan

* movement of dislocation increase deformation.
* If No of dislocation increase ⟹ Deformation increase
* If mobility of dislocation increase ⟹ Deformation increase.

$\varepsilon = \rho_\perp \, \mu_\perp$ حيث ε :- strain الإنفعال

$\rho_\perp$:- Density of dislocation كثافة الإنخلاعات

$\mu_\perp$:- Mobility " " حركة الإنخلاعات

at begining of plasticity

① equiaxed grains

No of $\perp / cm^2 = 10^6 - 10^8$

after yielding.

① elongated grains

② No of $\perp / cm^2 = (10^8 - 10^{10})$

بعد مرحلة yielding زيادة كثافة الإنخلاعات يؤدي إلى تعثر deformation لذلك تعوق حركة بعضها البعض $\mu_\perp \downarrow \Leftarrow \varepsilon \downarrow$ حتى يحدث strain hardening تقلد الإنفعال.

Ductility

$\rho_\perp$ density of edge dislocation كثافة الإنخلاعات

عند إيجاد المفتوح.

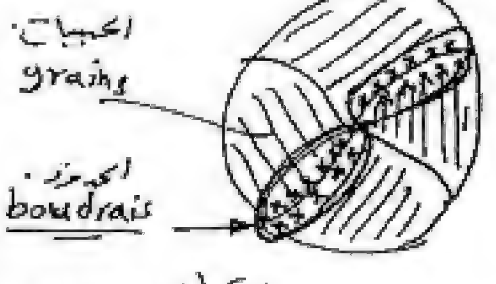
---

3 planner Defects (grain boundries)

Grains :- No of unit Cells have Certain direction.

Boundries :- No of unit Cell have random direction.

(have high energy unit Cells). طاقة عالية جداً عند الحبيبات.



mean free path (M.F.P) :- طول مسار الإنخلاع داخل grain.

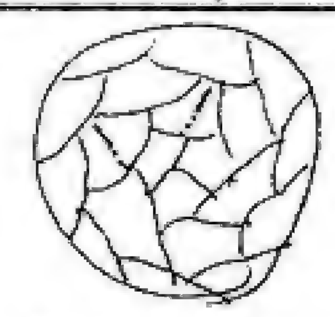
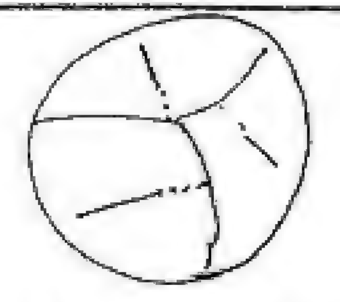
dislocation

* وجود Boundries يعوق حركة الإنخلاعات وبالتالي تقلل الـ Ductility والمطولية.

سؤال

* Explain effect of planner defects on properties of metals? **or**

* How the grain size affect ductility and strength of metals?

	
Fine grain	**Coarse grain**
mean bounderies increase.	mean bounderies decrease
* ① mobility of dislocation decrease ⇒ M.F.P ↓	* ① mobility of dislocation increase ⇒ M.F.P ↑
* ② Deformation decrease	* ② Deformation increase
* ③ Ductility "	* ③ Ductility "
* ④ strength increase.	* ④ strength decrease

⇓

* Fine grained material are harder than coarse grain material. ⟹ Explain ع

* Coarse grained material are more Ductile than fine grained material. ⟹ Explain.

مراجعة ماتيريال

Material

Tension Test إختبار شد

Q1 Define :- عرف

(1) **Strength** المقاومة

It's the resistance of material to rupture

مقاومة المادة للكسر.

2) **Elasticity** المرونة

the removal of Deformation upon the removal of load

زوال التشكل المرن بزوال الحمل. (إستعادة المادة لأبعادها الأصلية بعد زوال الحمل).

(3) **stiffness** الصلابة.

* ability of material to resist elastic deformation

مقاومة المادة للتشكل المرن.

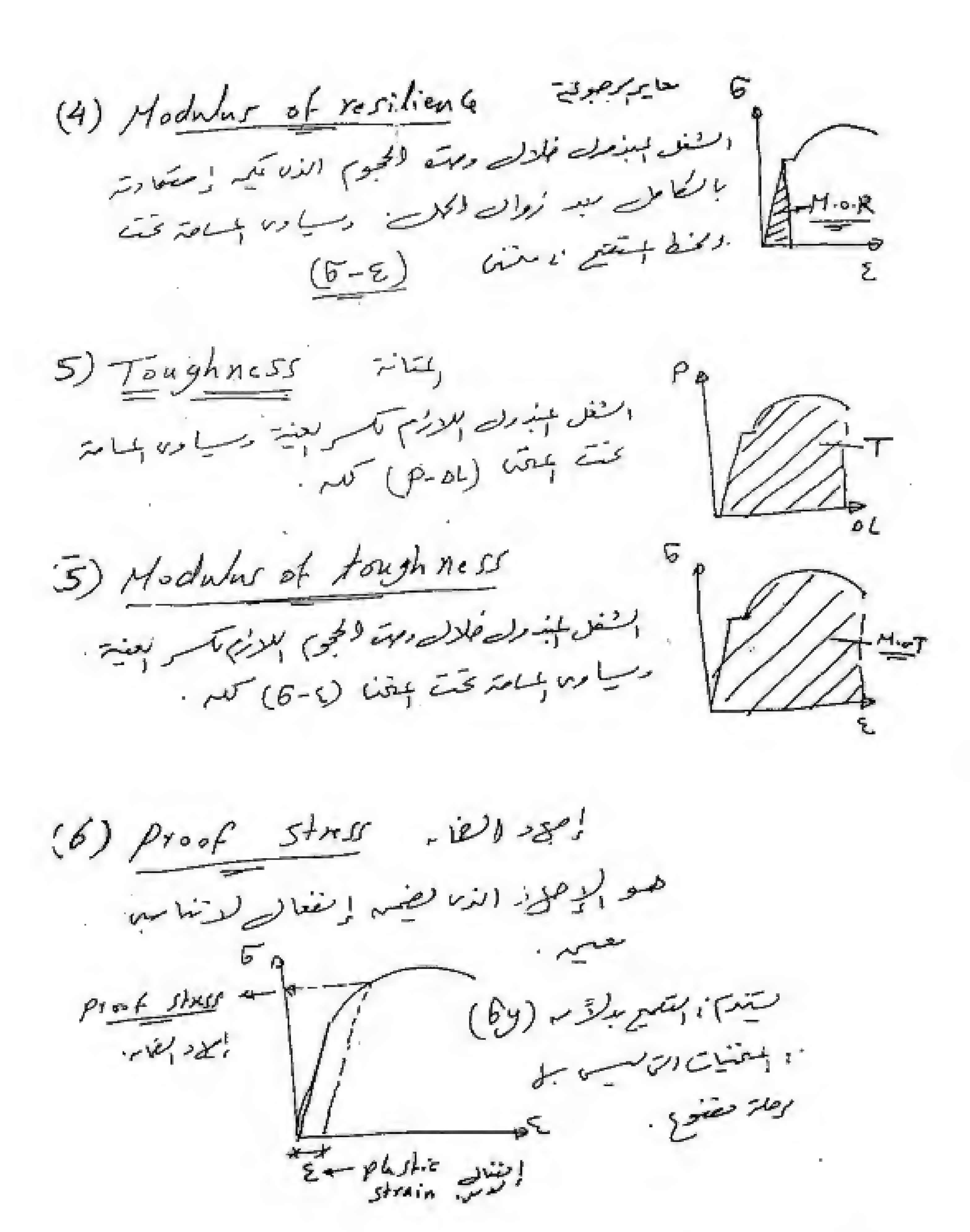
(4) **Resilience** الرجوعية

الشغل المبذول في مرحلة المرونة والذي يمكن إستعادته بالكامل بعد زوال الحمل ويساوي المساحة تحت الخط المستقيم في منحنى (P-ΔL)

P

R

ΔL


(4) Modulus of resilience معاير رجوعية
الشغل المبذول خلال وحدة الحجوم الذي يمكن استعادته بالكامل بعد زوال الحمل ويساوي المساحة تحت الخط المستقيم في منحنى (σ-ε)
σ
M.o.R
ε
5) Toughness المتانة
الشغل المبذول اللازم لكسر العينة ويساوي المساحة تحت منحنى (P-ΔL) كله.
P
T
ΔL
(5) Modulus of toughness
الشغل المبذول خلال وحدة الحجوم اللازم لكسر العينة. ويساوي المساحة تحت منحنى (σ-ε) كله.
σ
M.o.T
ε
(6) Proof stress إجهاد الضمان
هو الإجهاد الذي يسبب انفعال لدن نسبي معين.
σ
Proof stress
إجهاد الضمان
يستخدم التعبير بدلاً من (σy) في المنحنيات التي ليس لها نقطة خضوع.
ε
ε ← plastic strain انفعال لدن

(7) Ductility المطيلية.

ability of material to deform plastically

قدرة المادة على التشكل اللدن قبل حدوث الكسر.

* How the ductility affect the toughness of material?

كلما زادت المطيلية يزداد الشغل المبذول اللازم لكسر المادة وبالتالي تزداد Toughness.

Q2

* Explain the three methodes of estimating modulus of elasticity for materials having non-linear (stress-strain) behavior?

وضح ثلاث طرق لحساب (E) للمواد التي يكون منحنى (σ-ε) لها غير خطي

$E = \tan\theta$

(3) tangent Modulus
المعاير المماس.

$E = \tan\theta$

(2) secant Modulus
المعاير القاطع.

$E = \tan\theta$

(1) intial tangent
المماس الابتدائي.

$\underline{Q_3}$

* Write the elongation equation, draw the elongation distribution along the gage length and show the effect of gage length on percentage elongation?

* أكتب معادلة الإستطالة ، وارسم توزيع الإستطالة مع طول القياس ، ووضح تأثير طول القياس مع نسبة الإستطالة (% elongation)

الحـل

$$\Delta L_T = bL_o + C\sqrt{A_o}$$

معادلة الإستطالة

ΔL_T, $C\sqrt{A_o}$, $b = \tan\theta$, L_o

as $L_o \uparrow$ $\Delta L \uparrow$

قبل حدوث الرقبة. ΔL

(بعد حدوث الرقبة) elongation

توزيع الإستطالة مع طول القياس

gage length طول القياس

العينة

% elongation نسبة الإستطالة

العلاقة بين طول القياس ونسبة الإستطالة.

as $L_o \uparrow \Rightarrow$ % elong. $\downarrow$

L_o gage length طول القياس.

Q4

* What is the difference between ordinary stress and true stress, drive the relation between them?

Solution

الإجهاد الحقيقي

$$\sigma_t \text{ (true stress)} = \frac{P_i}{A_i} \qquad \frac{\text{الحمل عند أي لحظة}}{\text{المساحة عند نفس اللحظة}}$$

$$\sigma_n \text{ (ordinary stress)} = \frac{P_i}{A_o} \qquad \frac{\text{الحمل عند أي لحظة}}{\text{المساحة الأصلية للعينة}}$$

الحجم ثابت.

Volume is constant

L_o, A_o, P — A_i, L_i, P_i

$$A_o L_o = A_i L_i \Rightarrow$$

$$A_i = \frac{A_o L_o}{L_i}$$

$$\therefore \sigma_t = \frac{P_i}{A_i} \Rightarrow \sigma_t = \frac{P_i}{\frac{A_o L_o}{L_i}} = \frac{P_i L_i}{A_o L_o}$$

$$\sigma_t = \sigma_n \left(\frac{L_i}{L_o}\right), \qquad L_i = L_o + \Delta L$$

$$\therefore = \sigma_n \left(\frac{L_o + \Delta L}{L_o}\right) = \sigma_n \left(1 + \frac{\Delta L}{L_o}\right)$$

$$\sigma_t = \sigma_n (1 + \varepsilon_n) \Rightarrow$$

العلاقة بين الإجهاد الحقيقي والإجهاد العادي.

Compression test إختبار الضغط

Q5

* State the limitation of Compression test?

1- صعوبة التحميل بشكل محوري.

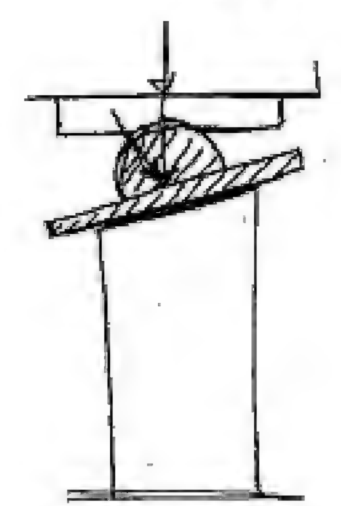
2- الاحتكاك بين سطح الماكينة وسطح العينة مما يسبب حدوث شكل البرميل.

3- الطبيعة الغير متزنة للإختبار.

4- للحصول على طبيعة متزنة لابد من استخدام عينات ذات حجم كبير مما يتطلب ماكينات ذات سعة كبيرة..

Q6

* What is the purpose of spherical seating block in Compression testing machine?



* للتغلب على عدم إستواء سطح العينة

local failure

إنهيار.

وبالتالي لا يحدث إنهيار محلي ولا إجهادات مركزة في نقطة معينة

Note

* يفضل القطاع الدائري عن باقي القطاعات في الضغط لأنه يقوم بتوزيع الإجهاد توزيعا منتظما.

Q7

* Discuss the general requirements of the compression test specimens?

١- إستخدام عينات ذات مقاطع دائرية لأنها توزع الإجهاد توزيعا منتظما.

٢- إستخدام عينات قياسية الحجم

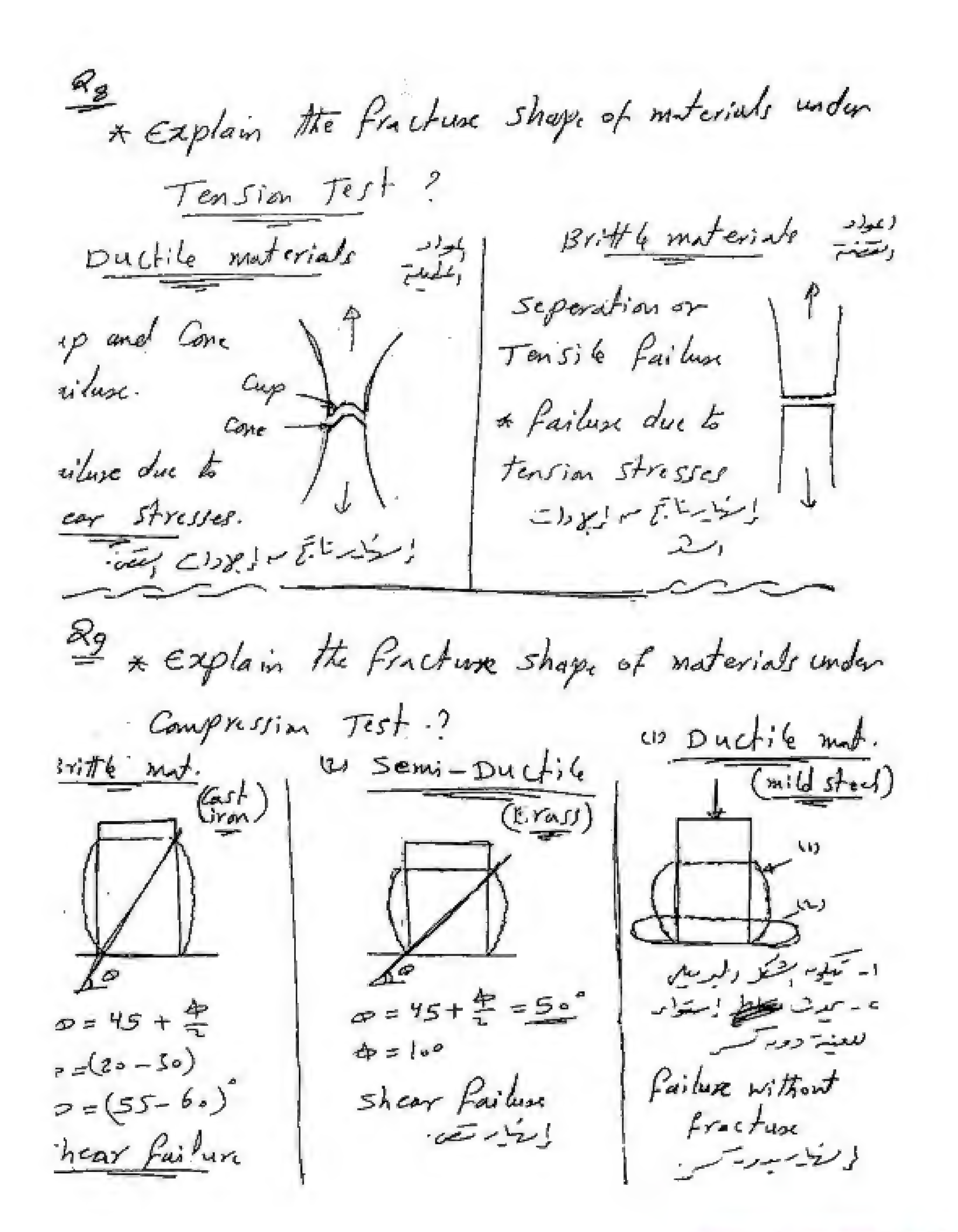
$$10 > L/d > 2$$

حتى نتجنب حدوث إحتكاك كبير إذا كانت $L/d < 2$ ونتجنب حدوث إنبعاج (buckling) إذا كانت $L/d > 10$

٣- أن تكون سطح العينة أملس ومستويان وعموديان على محور العينة

Q

* Explain the effect of specimen size and hight on ultimate compressive strength of brittle mat.?


Q8
* Explain the fracture shape of materials under
Tension Test ?
Ductile materials
Cup and Cone
failure.
Cup
Cone
failure due to
shear stresses.
Brittle materials
Seperation or
Tensile failure
* failure due to
tension stresses
Q9
* Explain the fracture shape of materials under
Compression Test ?
Brittle mat.
(cast iron)
θ = 45 + ϕ/2
ϕ = (20 – 30)
θ = (55 – 60)°
shear failure
(2) Semi – Ductile
(Brass)
θ = 45 + ϕ/2 = 50°
ϕ = 10°
shear failure
(3) Ductile mat.
(mild steel)
(1)
(2)
failure without
fracture

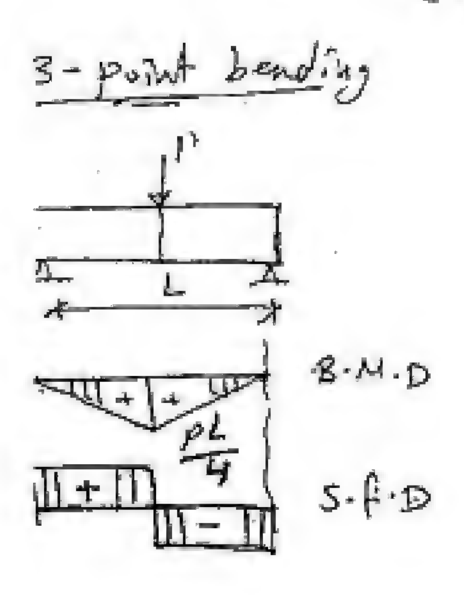
إختبار الإنحناء bending test

Q10

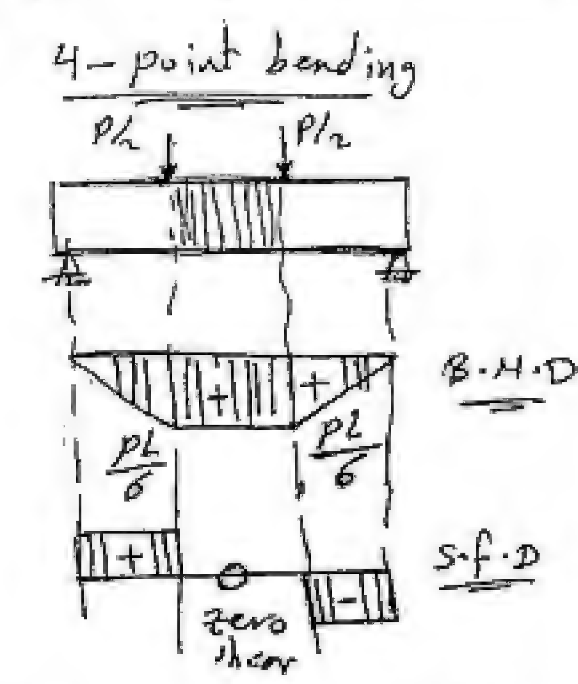
* Compare between the ultimate strength of brittle materials measured from 3-PB and 4-PB ?

* قارن بين مقاومة الإنحناء القصوى للمواد القصفة من إختبار (3-point bending) ، (4-point bending).

3-point bending



4-point bending



نلاحظ وجود جزء كبير من العينة في 4-point bend. معرض لأقصى عزم (إنحناء) بينما (3-point bend) نقطة واحدة فقط معرضة لأقصى عزم لذلك تنكسر العينة في حالة (4-PB) أسرع من حالة (3-PB)

$$\sigma_{ult_{4PB}} < \sigma_{ult_{3-PB}}$$

Q_{11} * Show the effect of cross section shape (O, □, I) on flexure strength?

وضح تأثير المقطع على مقاومة الانحناء.

P
Load

δ
deflection

المنحنى يوضح أن الشكل الدائري يعطي أقل كفاءة والشكل (I) يعطي أعلى كفاءة.

$\sigma-$

$\sigma+$

مساحة أقل ●

مساحة أكبر ▲

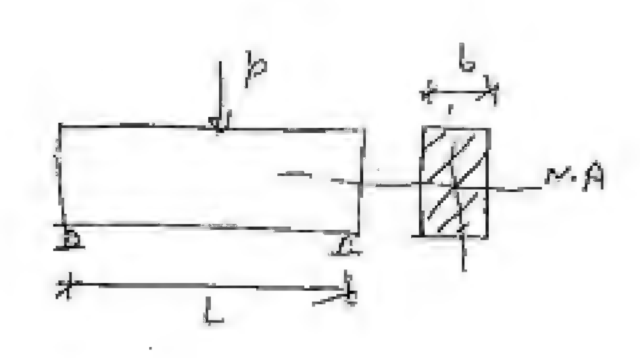
F_1 إجهاد كبير ●

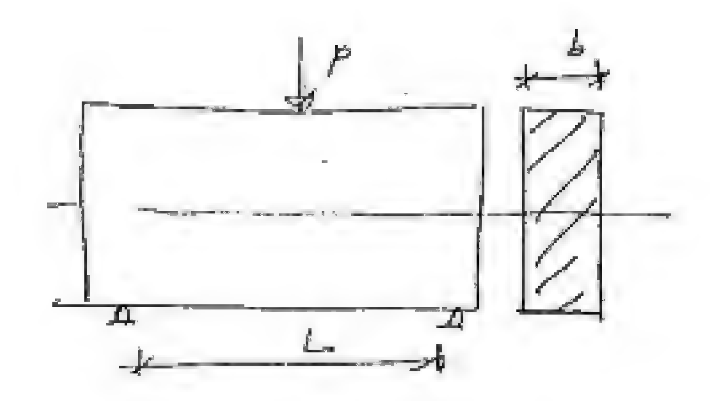
F_2 إجهاد صغير ▲

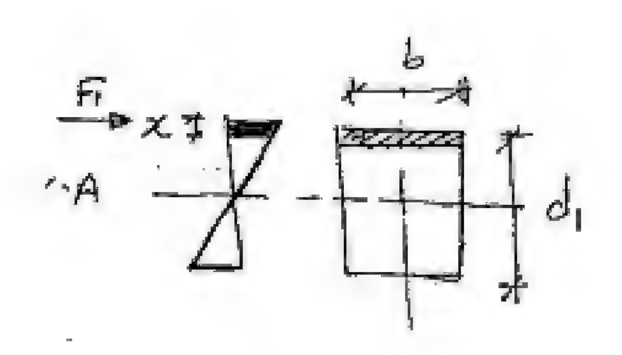
N.A

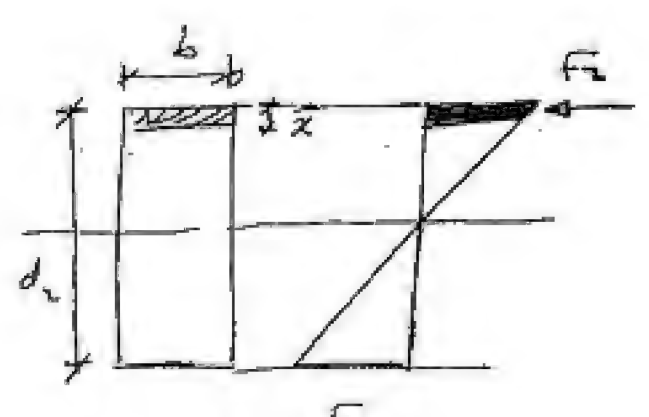
نلاحظ أن المقطع الدائري يعطي مساحات أقل في مواجهة الإجهادات الكبيرة ومساحات أعلى في مواجهة الإجهادات الأقل مما يقلل من كفاءته وهذا عكس ما يحدث في (I) مما يزيد من كفاءته.

Q12 * what is the effect of specimen depth on bending strength ?









$$\sigma_1 = \frac{F_1}{b * x}$$

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{b * x}$$

$$(F_2 > F_1)$$

$$\sigma_2 > \sigma_1$$

* بزيادة عمق الكمرة يزداد الإجهاد الواقع عليها وبالتالي تكسر بسرعة عن القطاعات الأقل في العمق وبالتالي كلما زاد عمق الكمرة تقل مقاومتها للإنحناء.

* هناك سبب آخر كلما زاد عمق الكمرة تزداد حجمها وبالتالي يزداد كمية العيوب الموجودة بها وتزداد الإجهادات الداخلية عند مناطق اماكن عيوب وتكسر أسرع

Metallurgy

Q1

* Give three different types of engineering materials and give an application for each one?

اذكر ثلاث أنواع مواد هندسية مع ذكر تطبيق لكل نوع.

1. metallic materials المواد المعدنية

   Example (Al) الألومنيوم

   يستخدم في تشكيل وصناعة الطائرات لأن وزنه خفيف.

2. Cramics الخزفيات

   Example (SiO_2) أكسيد السيليكون ، (Al_2O_3) أكسيد الألومنيوم.

   ⇒ يستخدم في صناعة الزجاج

3. Polymers البوليمرات

   Example (rubber) المطاط

   يستخدم في صناعة كاوتش السيارات

Q2

* Give reason why Al (metals) is good conductor while Al_2O_3 (cramics) are insulator.

وضح لماذا الألومنيوم (معدن) موصل جيد بينما أكسيد الألومنيوم (خزفيات) يعتبر عازل.

(Al) is (metalic bond)

الألومنيوم رابطة فلزية . الروابط الفلزية تحتوي على إلكترونات حرة كثيرة . وبالتالي تكون توصيلية عالية .

(Al_2O_3) is (ionic bond)

أكسيد الألومنيوم رابطة أيونية متعادلة ومستقرة لا يوجد بها إلكترونات حرة وبالتالي تقل توصيلية عن الألومنيوم .

Q3

نقطة الانصهار .

* melting point of (Al_2O_3) is more than melting point of (Al)

Al_2O_3 is (ionic bond)

أكسيد الألومنيوم رابطة أيونية مستقرة وقوية تحتاج لدرجة حرارة كبيرة حتى يتم كسرها بينما الألومنيوم رابطة فلزية وهي ضعيفة تحتاج لدرجة حرارة أقل

Q4

* what is the effect of temprature on the Conductivity of metals & ceramics & semi-conductor.

1- in metals

زيادة درجة الحرارة تقلل من حركة الإلكترونات الحرة وبالتالي تقل التوصيلية

2- in ceramics & semi-conducting

زيادة درجة الحرارة يزيد عدد الإلكترونات الحرة وبالتالي تزداد التوصيلية .

* unit cell :- U.C

أصغر وحدة لبناء الذرة داخل المادة.

* Atomic packing factor (A.P.F)

معامل يعبر عن الحيز الذي تشغله الذرات داخل **unit cell.**

B.C.C	APF = 0.68	إثبات مطلوب
F.C.C	APF = 0.74	
H.C.P	APF = 0.74	

---

* Allotropy التآصل

هي ظاهرة وجود المادة في أكثر من صورة بلورية في درجات حرارة مختلفة.

Example (iron) . الحديد

If $T \leq 910°$ iron → B.C.C ⇒ α - iron (ألفا)

$1410° > T > 910°$ iron → F.C.C ⇒ γ - iron (جاما)

$T \geq 1410°$ iron → B.C.C ⇒ δ - iron (دلتا)

* linear density :- (L.D) الكثافة الخطية

no of atoms per unit length (atom/cm)

* planar density :- (P.D) الكثافة السطحية

no of atoms per unit Area (atom/cm^2)

* Slip direction اتجاه الانزلاق.

the most packed direction in (U.C)

هو الاتجاهات الأكثر ازدحاما بالذرات أي الأكثر في (L.D)

* slip plans مستويات الانزلاق.

the most packed planns in unit Cell

هو المستويات الأكثر ازدحاما بالذرات أي المستويات الأكثر في (P.D)

* Slip system نظام الانزلاق.

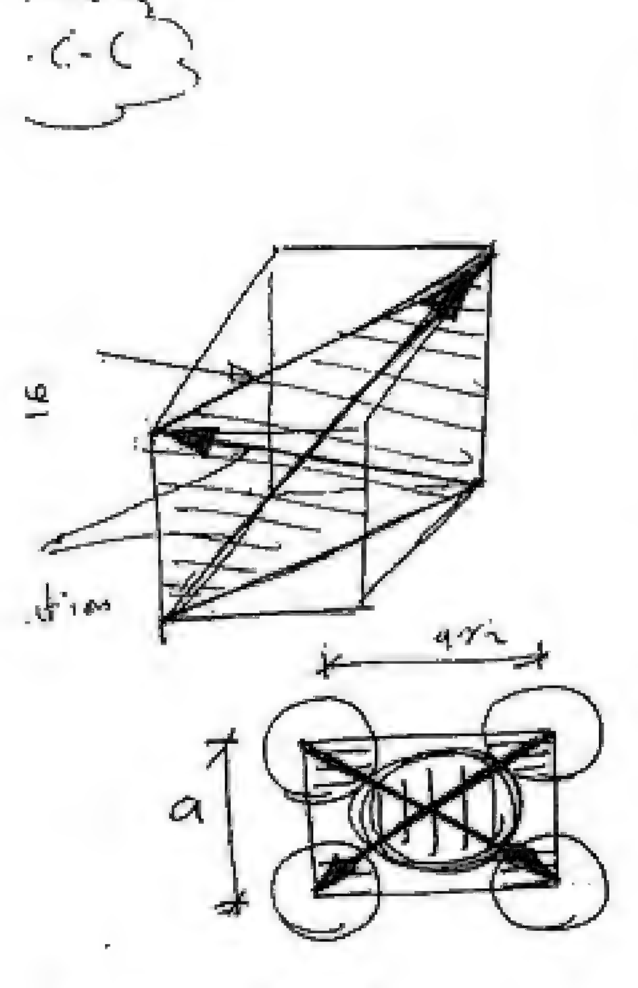
It's a combination of slip directions and slip plans (the most packed directions in the most packed plans)

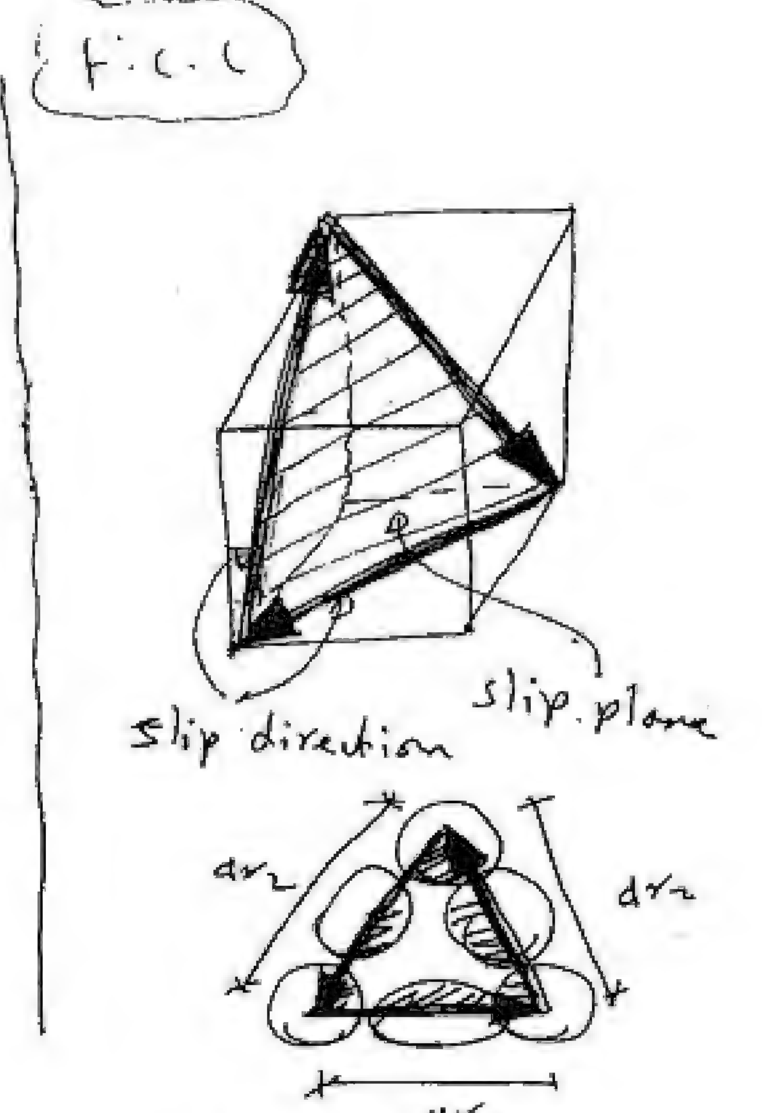
هو تكوين من اتجاهات الانزلاق ومستويات الانزلاق.

* slip system

B.C.C

F.C.C





slip plane (110)
(101)
(011)

slip direction [111]

---

no of slip direction in slip plane = 2

slip plane (111)
slip direction [110]
[101]
[011]

---

no of slip direction in slip plane = 3

∴ no of slip system in F.C.C is more than B.C.C

∴ Ductility of F.C.C > B.C.C

APF(F.C.C) > APF(B.C.C) يوجد سبب آخر هو

* change in Volume from Allotropic Transformation

iron $$B.C.C \underset{}{\overset{910^\circ}{\rightleftharpoons}} F.C.C$$

$$V_{iron}(B.C.C) = a^3_{(B.C.C)}$$

$$V_1 = V_{\substack{(one\ atom)\\(B.C.C)}} = \frac{V_{iron}}{no\ of\ atoms} = \frac{a^3\ (B.C.C)}{2}$$

$$V_{iron}(F.C.C) = a^3_{(F.C.C)}$$

$$V_2 = V_{\substack{(one\ atom)\\(F.C.C)}} = \frac{V_{iron}\ (F.C.C)}{no\ of\ atoms} = \frac{a^3\ (F.C.C)}{4}$$

$$\Delta V = \left(\frac{V_1 - V_2}{V_2}\right) * 100\ \%$$

---

* يجب مذاكرة عيوب المواد (Defects) جيداً

Zagazig University
Faculty of Engng
Materials Eng. Dept.
Mid-Term Exam

Properties & Strength of Materials
1^{st} Year Civil
Time 1.25 hr
15 Nov., 2005

Answer the following questions

Question #1

a) Calculate the planner density of atoms (atoms/cm^2) in BCC iron (a_o = 2.86 A°) in the (100), (110) and (111) planes.

b) Prove that the atomic packing factor (APC) in BCC structure is equals to 0.68.

c) Discuss in details the types of point defects that may occur in metallic solid materials.

Question #2

a) Define:
Ductility - Modulus of resilience- stiffness- proof stress

b) Explain the fracture behavior of brittle and ductile materials under tension test?

c) Explain the effect of specimen size and height on the ultimate compressive strength of brittle materials?

d) Why a barrel shape is formed in the test specimen during compression test?

e) A tensile test was carried out on a long test specimen of 10 mm diameter and the following data were obtained:

P, kN	0	5	8	11	13	15	16.5	17.5	17	15
Δl, mm	0	0.05	0.08	1	1.5	3.5	6	9	11	15

a. Stiffness
b. 0.2 % proof stress
c. Ultimate tensile strength
d. True stress and true strain at initial necking
e. Modulus of toughness
f. Based on the ductility index, classify the type of the used material.

GOOD LUCK

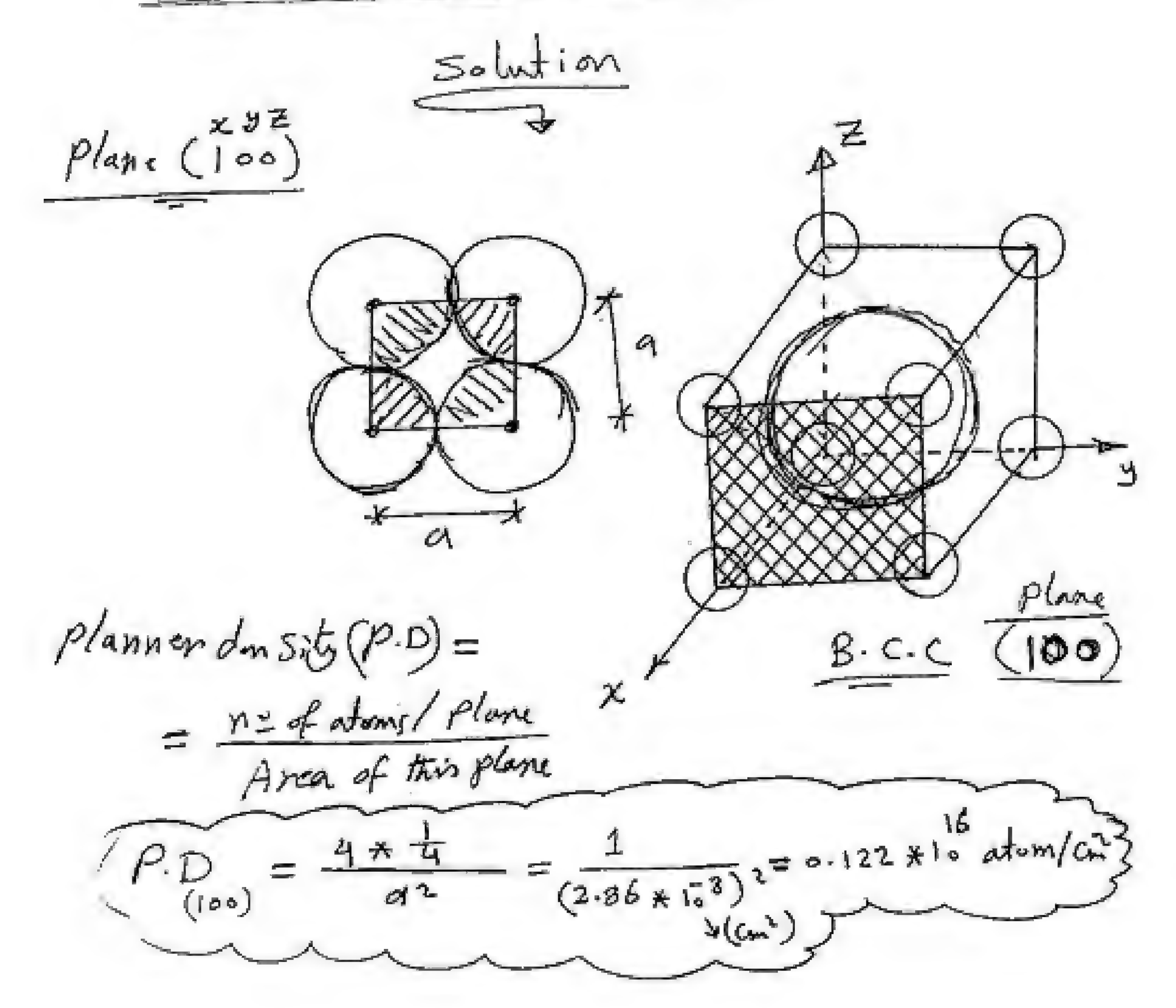
* Mid Term Exam 2005 *

* Question no (1)

a) Calculate the planner density of atoms (atoms/cm²) in B.C.C iron ($a_0 = 2.86\ A^\circ$) in the (100), (110) and (111) planes.

Solution

Plane $(\overset{x\,y\,z}{100})$

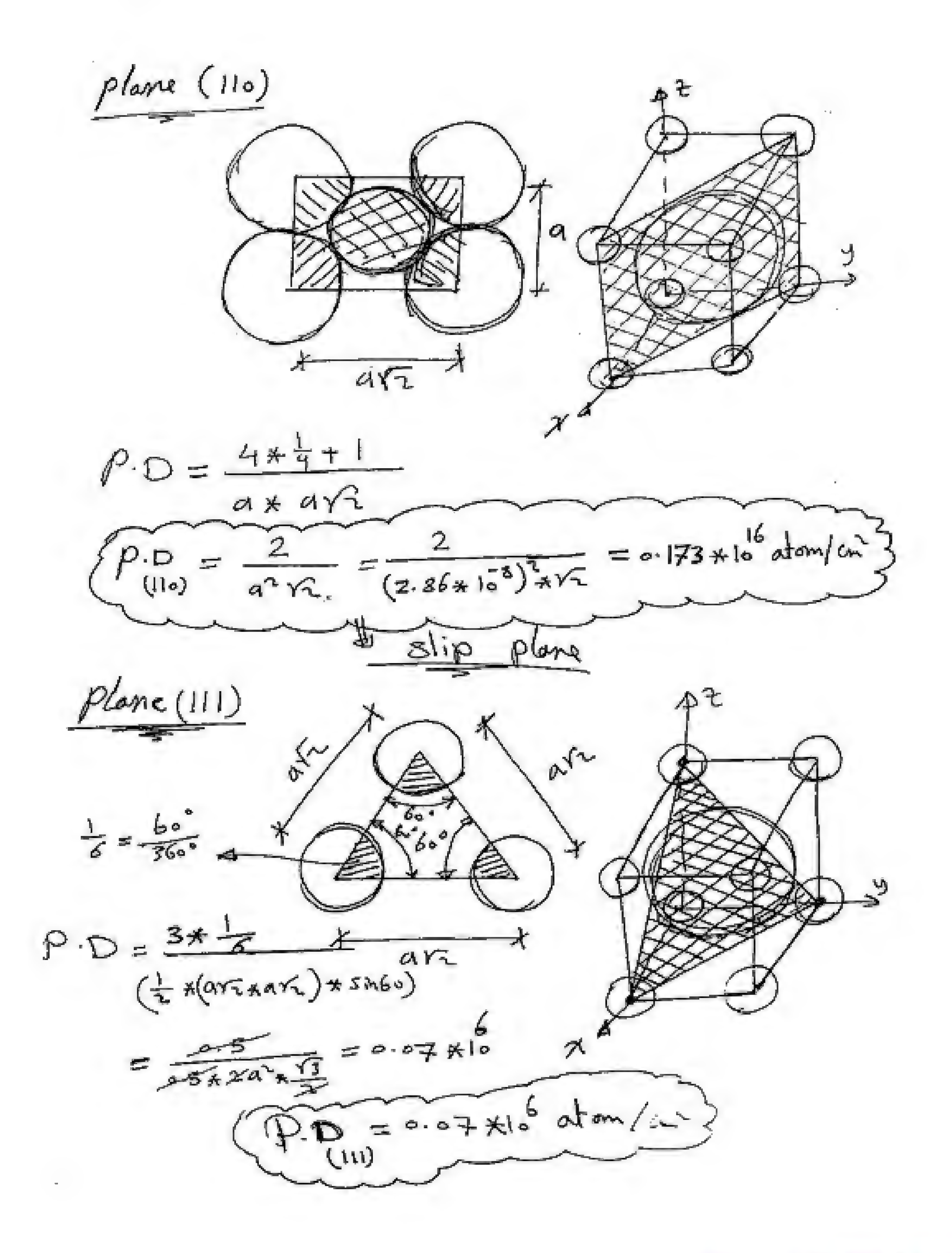


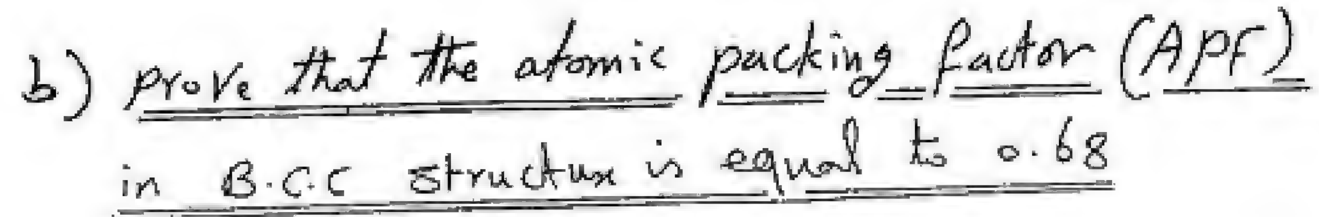
planner density (P.D) =

$$= \frac{\text{no of atoms / Plane}}{\text{Area of this plane}}$$

$$P.D_{(100)} = \frac{4 * \frac{1}{4}}{a^2} = \frac{1}{(2.86 * 10^{-8})^2} = 0.122 * 10^{16}\ \text{atom/cm}^2$$

$\downarrow (cm^2)$


plane (110)
a
a√2
z
y
x
P.D = (4 * 1/4 + 1) / (a * a√2)
P.D(110) = 2 / (a² √2) = 2 / ((2.86 * 10⁻⁸)² * √2) = 0.173 * 10¹⁶ atom/cm²
slip plane
plane (111)
a√2
a√2
60°
60°
60°
1/6 = 60°/360°
P.D = (3 * 1/6) / (1/2 * (a√2 * a√2) * sin60)
a√2
= 0.5 / (0.5 * 2a² * √3/2) = 0.07 * 10⁶
P.D(111) = 0.07 * 10⁶ atom/cm²
z
y
x



b) prove that the atomic packing factor (APF) in B.C.C structure is equal to 0.68

$$A.P.F = \frac{\text{no of atoms/unit cell} * \text{Volume (atom)}}{\text{Volume of unit cell}}$$

$$= \frac{2 * \frac{4}{3}\pi R^3}{a^3}$$

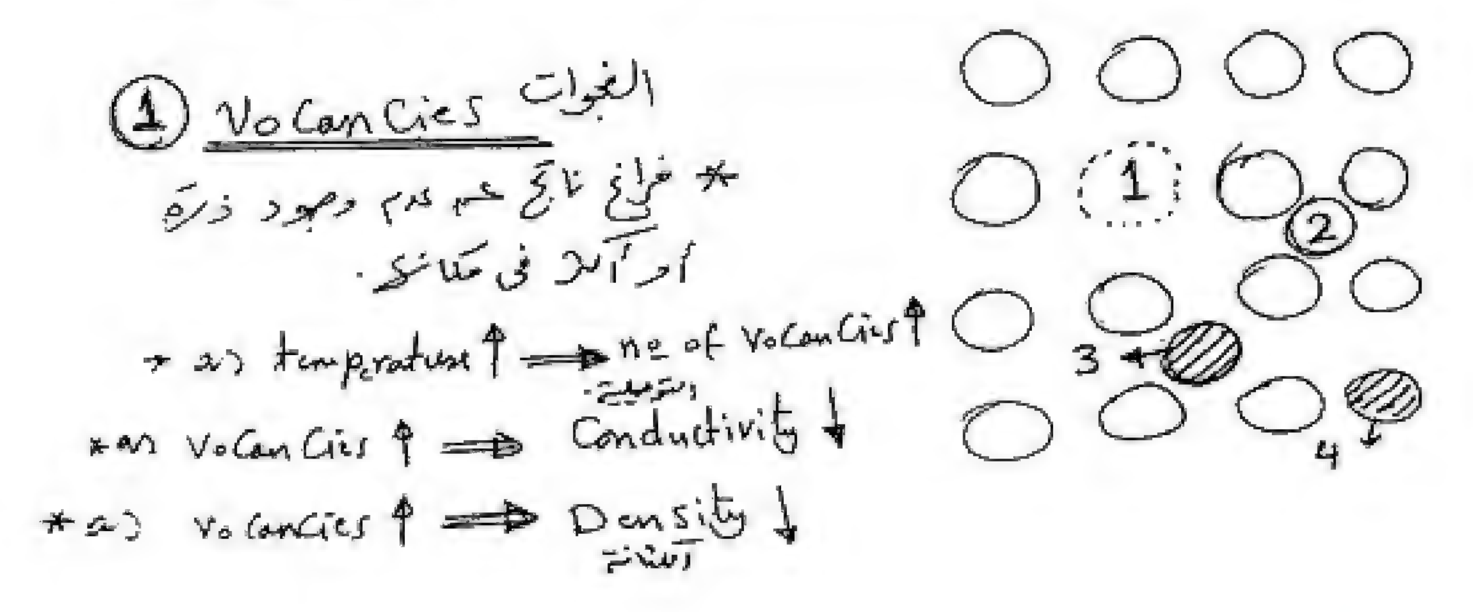
for B.C.C $\Longrightarrow$ $\boxed{a = \frac{4}{\sqrt{3}} R}$

B.C.C

$$A.P.F = \frac{2 * \frac{4}{3}\pi R^3}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}}\right)^3 R^3} = 0.68 \quad \#$$

---

c) Discuss in details the types of point defects that may occur in metallic solid materials.



① Vacancies الفجوات

* فراغ ناتج عن عدم وجود ذرة او اكثر في مكانه.

* as temperature ↑ $\Longrightarrow$ no of vacancies ↑

* as vacancies ↑ $\Longrightarrow$ Conductivity ↓

* as vacancies ↑ $\Longrightarrow$ Density ↓

② Self interstitial atoms

* ذرة أو أكثر من نفس نوع الـ ذرة (Self) محشورة داخل الفراغات.

(If A.P.F is low)

as self interstitial atoms ↑ ⟹ Density ↑
Conductivity ↓
Ductility ↓
strength & Hardness ↑

③ interstitial impurities

* ذرة غريبة تحل محل ذرة أصلية محشورة داخل الفراغات البينية.

مثال (ذرة الكربون تكون محشورة داخل ذرات الحديد في steel)

as interstitial impurities ↑ ⟹ Density ↑
Ductility ↓
strength ↑

④ Substitional impurities

* ذرة أو أكثر تحل محل ذرة أصلية في نفس مكانها.

مثال

Brass (النحاس الأصفر) → Cu F.C.C ; Ni F.C.C

70 % Cu < 30 % Ni

* Mid_Term Exam 2005 *

* Question No(2)

a) Define :-

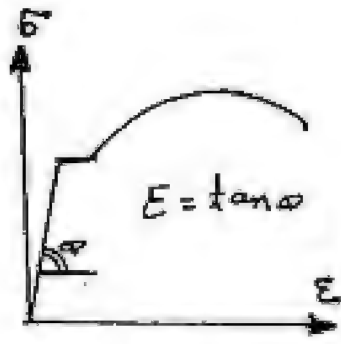
- Ductility المطولية .

* هي خاصية تعبر عن درجة التشكل اللدن .

- M lulus of resilience . معاير الرجوعية .

* هو الشغل المبذول خلال وحدة الحجوم الذي يكون لديه بالكامل بعد زوال الحمل .

$$M.o.R = \frac{1}{2} * \sigma_{e.L} * \varepsilon_{e.L}$$



- iffness . الصلابة .

* هي خاصية تعبر عن مقاومة المادة للتشكل في منطقة المرنة

$$E = \frac{\sigma_{e.L}}{\varepsilon_{e.L}} \leftarrow \text{Modulus of elasticity.}$$

(E) ← يمثل ميل الخط المستقيم كلما زاد ميله الخط المستقيم كلما زادت stiffness .

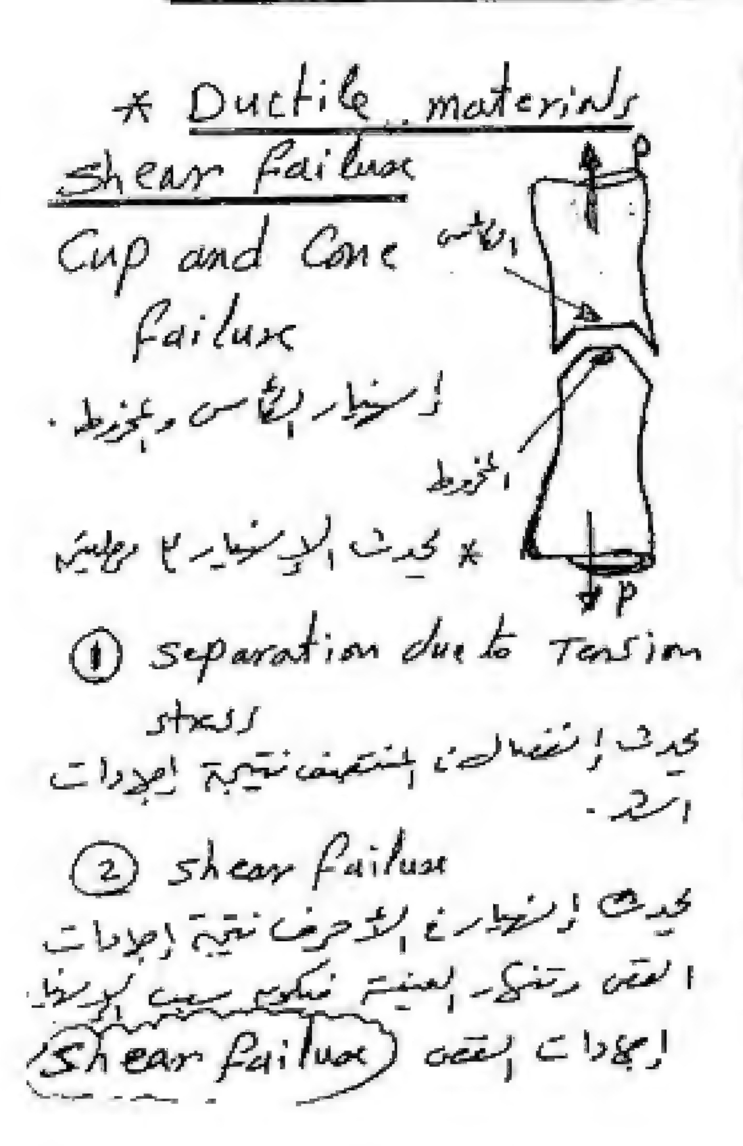
- **Proof stress.** إجهاد الضمان .

* هو الإجهاد الذي يُسبب في العينة إستطالة لا تناسبية مساوية لنسبة محددة من طول القياس

* يستخدم في التصميم بدلاً من إجهاد الخضوع في المعادن التي ليس بها خضوع .

---

b) Explain the fracture behavior of Brittle and ductile materials under tension test ?



* **Ductile materials**

Shear failure

Cup and Cone failure

إنهيار الكأس والمخروط .

* يحدث الإنهيار على مرحلتين

(1) separation due to Tension stress

يحدث إنفصال في المنتصف نتيجة إجهادات الشد .

(2) shear failure

يحدث إنهيار في الأطراف نتيجة إجهادات القص وتتكون العينة شكل كأس بسبب إنهيار إجهادات القص (Shear failure)

* **Brittle materials.**

Tension failure

seperation or Tensile fracture

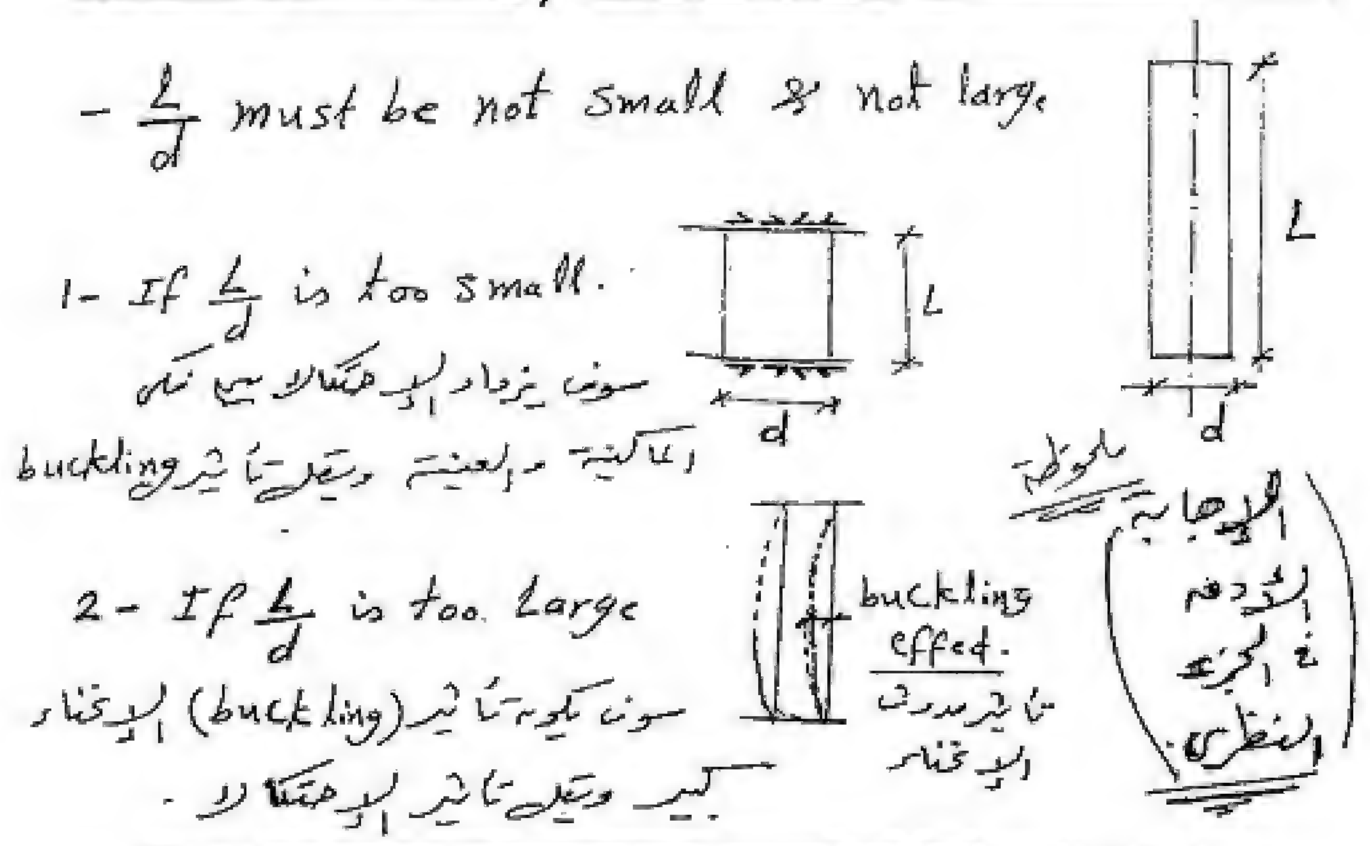
إنهيار نتيجة إجهادات الشد متعامد على مستوى عمودي على إتجاه الحمل .

P

P

* المواد القصفة Brittle mat. تقاوم في الشد بقدر أقل من المواد المطيلة Ductile mat. .

c) Explain the effect of specimen size and hight on the ultimate compressive strength of brittle materials?



- $\frac{L}{d}$ must be not small & not large

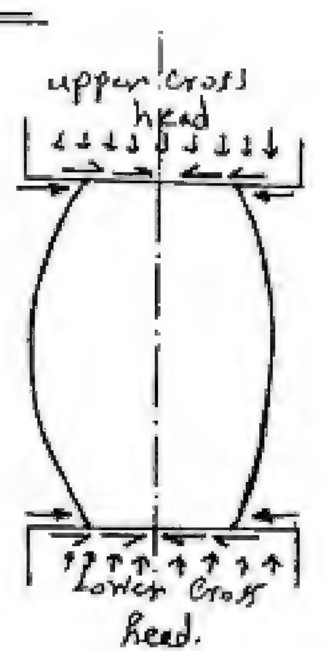
1- If $\frac{L}{d}$ is too small.
سوف يزداد الاحتكاك بين سطح الماكينة والعينة ويقل تأثير buckling

2- If $\frac{L}{d}$ is too large
سوف يكون تأثير (buckling) الانهيار كبير ويقل تأثير الاحتكاك.

d) Why abarrel shape is formed in the test specimen during compression test.

١- الاحتكاك بين سطح العينة وفكي الماكينة يمنع حدوث تمدد عرضي (Lateral expansion) وتظل الأبعاد قريبة جداً من أبعادها الأصلية

٢- يقل هذا الاحتكاك كلما بعدنا عن فكي الماكينة فيحدث تفلطح للعينة مسببا (barrel shape) أو الشكل البرميلي.



e) A tensile test was carried out on long test specimen of 10 mm diameter and the following data were obtained :-

elastic stage ← | → elastic-plastic ← | → failure stage

P, kN	0	5	8	11	13	15	16.5	17.5	17	15
ΔL, mm	0	0.05	0.08	1	1.5	3.5	6	9	11	15

Required :-

a) stiffness الصلادة

تقاس بمعاير المرونة (E)

$$E = \frac{\sigma_{e.L}}{\varepsilon_{e.L}}$$

$$\sigma_{e.L} = \frac{P_{e.L}}{A_o} = \frac{8}{\frac{\pi * (1)^2}{4}} = 10.186 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon_{e.L} = \frac{\Delta L_{e.L}}{L_o}$$ for long specimen $L_o = 10d = 10*10 = 100$ mm

$$\varepsilon_{e.L} = \frac{0.08}{100} = 8 * 10^{-4}$$

$$\therefore E = \frac{10.186}{8*10^{-4}} = 1.27 * 10^{4} \text{ kN/cm}^2$$

b) 0.2 % proof stress   إجهاد إثبات

$\varepsilon = 0.2\% = \frac{0.2}{100} = 0.002$

$\Rightarrow \frac{\Delta L}{L_o} = \varepsilon \Rightarrow \Delta L = \varepsilon * L_o = 0.002 * 100 = 0.2 \text{ mm}$

0.2
0.08
1
8
11

0.12
0.92
x
3

$\frac{0.92}{3} = \frac{0.12}{x}$

$\Rightarrow x = 0.391$

$\therefore P_{proof} = 8 + 0.391$
$= 8.391 \text{ kN}$

$\sigma_{proof} = \frac{P_{proof}}{A_o}$

$\therefore \sigma_{proof} = \frac{8.391}{\frac{\pi}{4}(1)^2} = 10.68 \text{ kN/cm}^2$

---

c) Ultimate tensile strength.   أقصى إجهاد شد

$\sigma_{ult} = \frac{P_{ult}}{A_o} = \frac{17.5}{\frac{\pi}{4}(1)^2} = 22.28 \text{ kN/cm}^2$

---

d) True stress and true strain at intial necking

intial necking (بداية تخصر) $\Rightarrow$ at max. stress.

$\sigma_{\substack{max \\ ult}} = 22.28 \text{ kN/cm}^2$.أحسب سابقا

$$\varepsilon\,(\text{at max stress}) = \frac{\Delta L\,(\text{max stress})}{L_o} = \frac{9}{100} = 0.09$$

$$\therefore\ \sigma_t = \sigma_n(1+\varepsilon_n) = 22.28(1+0.09) = 24.29\ \text{kN/cm}^2$$

$$\varepsilon_t = \ln(1+\varepsilon_n) = \ln(1+0.09) = \ln(1.09) = 0.086$$

---

e) Modulus of toughness معاير المتانة .

* القيم الموجودة في الجدول تبين أنه لا يوجد مرحلة خضوع للعينة (no yield stage)

$$M.o.T = \left(\frac{\sigma_{max} + \sigma_{proof}}{2}\right) * \varepsilon_{max}$$

$\sigma_{max} = 22.28\ \text{kN/cm}^2$ ، $\sigma_{proof} = 10.68\ \text{kN/cm}^2$

$$\varepsilon_{max} = \frac{\Delta L_{max}}{L_o} = \frac{15}{100} = 0.15$$

$$M.o.T = \left(\frac{22.28 + 10.68}{2}\right) * 0.15 = 2.47\ \text{kN/cm}^2$$

f) Based on the ductility index, classify the type of the used material.

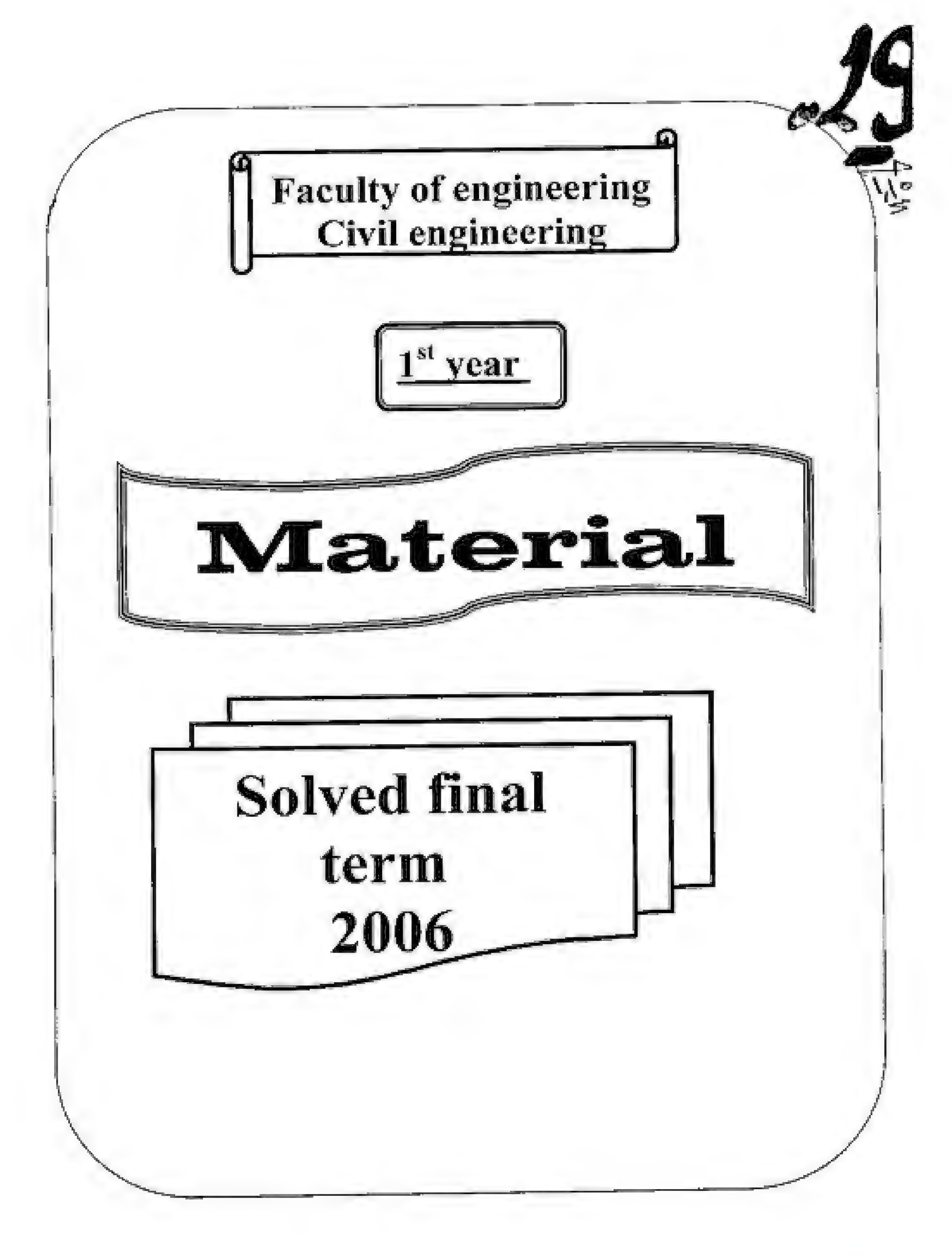
* Ductility index is (% elongation)

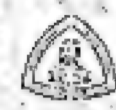
$$\% \text{ elongation} = \frac{\Delta L_{f(max)}}{L_o} * 100 \%$$

$$= \frac{15}{100} * 100 = 15 \%$$

$\because$ % elongation $\geq 15 \%$

$\therefore$ material is Ductile material


Faculty of engineering
Civil engineering
1st year
Material
Solved final
term
2006

Prop. & Strength of Materials Course Code: MATE 101 1st Year Civil. Eng. Dept. of Eng. Materials First Term 2005/2006	 Zagazig University Faculty Engineering	Final Term Exam. 1/1/2006 Time: 3 hrs. No. of Pages: 2 No. of Questions: 6

Answer the following questions. Indicate the units and use illustrative sketches wherever it is necessary.

Question # 1

a) Give reasons why aluminum is a good conductor while Al_2O_3 is an insulator.

b) The atomic diameter of an iron atom is 2.492 A°; Calculate the lattice constant of BCC iron? If atomic weight of iron is 55.85 gm/mol; calculate the density of BCC iron? (Avogadro's No. = 6.02×10^{23} atoms/atomic weight)

c) If slip planes of FCC copper is [111] planes, sketch the atomic arrangement in one of these planes and mark the <110> slip directions on it?

d) Show the Burger's vector of an edge and screw dislocation lines

e) The plastic deformation of metallic materials depend mainly on the nature of dislocations present in the material; Discuss in details.

Question # 2

a) What is the difference between ordinary stress and true stress, derive the relation between them?

b) Explain the three methods of estimating modulus of elasticity for materials having non-linear stress-strain behavior.

c) What is the purpose of spherical seating block in compression testing machine? List the various precautions that should be taken in positioning it?

d) A tensile test specimen of 20 mm diameter was tested under tension up to fracture. Some of the test results were recorded as follows:

Load (kN)	Proportional limit	Maximum	Fracture
	65	115	100
Elongation (mm)	0.25	35	45

The elongation percentage was 22.5 % and the smallest cross section area (at fracture) was 1.6 cm². Find:

i. Ductility
ii. The tensile strength
iii. The stiffness
iv. True stress and true strain at fracture.
v. Modulus of resilience
vi. Explain the Fracture behavior of the tested material

Question # 3

a) State the limitations of compression test?

b) What are the properties measured from cold bead test? Explain the four modes of failure under this test?

c) A three- point bending test was carried on a cast iron beam of circular cross section and 300 mm loaded span. If the of modulus of resilience of the tested material was 0.02 N.mm/mm^3, and the following readings were recorded:

Load, kN	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.50	11
δ, mm	1	2	3	4.5	5.25	7	9	failure

Draw the load-deflection diagram and find:

i. Diameter of the beam
ii. Modulus of rupture
iii. Modulus of elasticity
iv. Elastic bending strength
v. Fracture shape of test specimen

Question #4

a) Explain the effect of making hardness test near the edge of specimen or near an old indentation on the Brinell hardness number and state the minimum distance?

b) State the limitations of Brinell hardness test.

c) A torsion test was done on solid metal rod specimen of 15 mm diameter. The modulus of rigidity was 1.7×10^4 N/mm^2. The following readings was recorded:

T, (N.m)	0	40	80	100	120	140	160	175	190	200
θ, degree	0	4	8	20	5	100	150	250	500	800

Find:

i. The length of the rod
ii. Design stress if the factor of safety equals 2
iii. Ultimate shear strength
iv. Modulus of toughness
v. Modulus of elasticity if poison's ratio (v =0.3)
vi. Discuss the fracture shape of test specimen

Question # 5

a) What is the property measured from impact test and why the impact test specimen is notched?

b) Explain the effect of temperature on the impact fracture energy?

c) Define fatigue and state the characteristics of fatigue failure?

d) A structural element is subjected to repeated loads change from +6 to -2 tons. Find the cross sectional area of this part using Soderberg and Goodman rules.
The tensile strength = 60 kg/mm^2, Yield strength = 40 kg/mm^2, Fatigue limit = 18 kg/mm^2
Take the factor of safety for static and fatigue loadings equals to 2

Question # 6

أ) اشرح كيفية تعيين نسبة امتصاص الأحجار للماء؟

ب) اشرح طريقة صناعة أحجار خبث الأفران العالية والطوب الرملي الخفيف مع ذكر خواص كل منهم ؟

ج) اذكر مع الشرح أنواع المواد اللاحمة؟ ووضح كيف يمكن أن نفرق بين كل من الجير الحي والمطفى والجبس؟

د) اشرح كيفية تعيين كمية المياه القياسية للأسمنت وأيضاً تعيين زمن الشك الابتدائي للجبس ؟

هـ) اشرح كيفية تصنيع الأخشاب مع ذكر أنواع العيوب الموجودة في الأخشاب ؟

Good Luck

Final Term Exam (2006)

Question №(1)

a) Al is Good conductor while Al_2O_3 is an isulator.

* وذلك لوجود الإلكترونات الحرة في الألومنيوم (رابطة فلزية) وعدم وجود الإلكترونات الحرة في أكسيد الألومنيوم (رابطة أيونية).

---

b) Given

القطر

Diameter of an iron atom = 2.492 A°

(1) * get lattic constant of B.C.C iron.?

If atomic weight = 55.85 gm/mol

(2) * get the density of B.C.C iron?

If Avogadro's № = $6.02 * 10^{23}$ atom/atomic weight.

Solution

for B.C.C

$a\sqrt{3} = 4R$

$$a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$$

$\because R = \frac{\text{Diameter}}{2} = 1.246\ A^\circ$

$= 1.246 * 10^{-8}\ Cm$

$$a = \frac{4 * 1.246 * 10^{-8}}{\sqrt{3}} = 2.88 * 10^{-8}\ Cm$$

#

4R

$a\sqrt{3}$

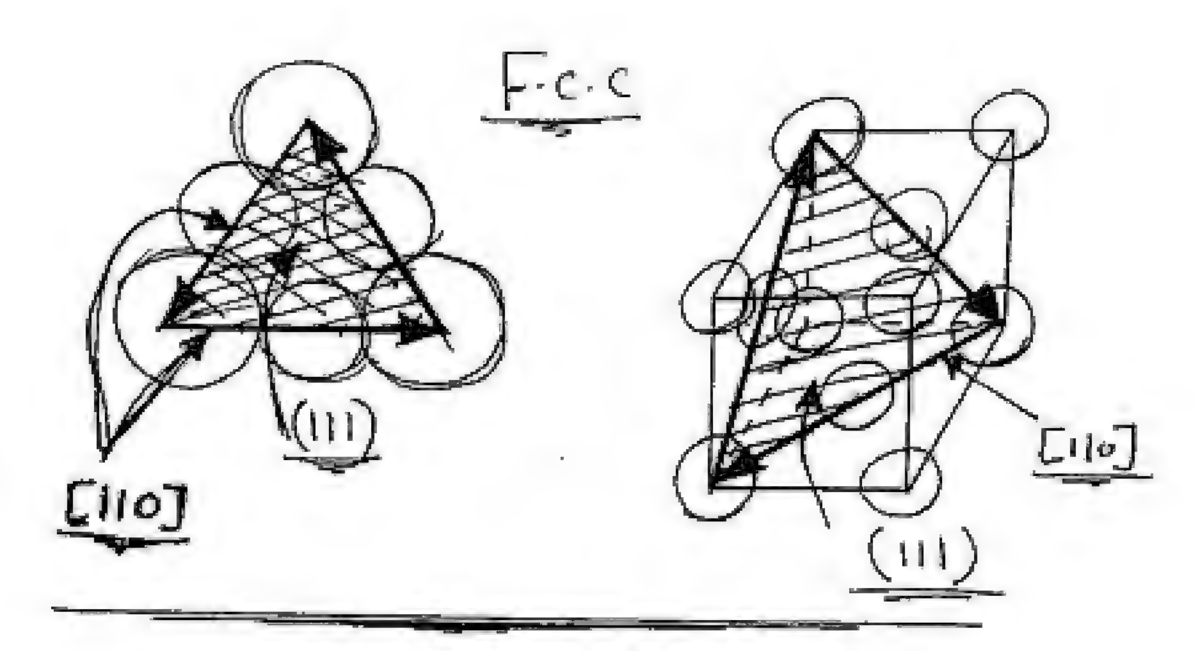
* Density

$$\rho_{B.C.C} = \frac{m}{V} = \frac{\text{no of atoms} * \frac{\text{atomic weight}}{6.02 * 10^{23}}}{a^3}$$

$$\rho_{B.C.C} = \frac{2 * \frac{55.85}{6.02 * 10^{23}}}{(2.88 * 10^{-8})^3} = 7.767\ gm/Cm^3$$

#

C) If slip plane of f.c.c Copper is (111) plane sketch the atomic arrangement in one of these planes and mark <110> slip direction on it ?



d) the plastic deformation of metallic material depend mainly on the nature of dislocation present in the material, Discuss in details.

Solution

* قبل إجهاد الخضوع كلما زادت الإنخلاعات تزداد المطولية وتقل strength

* بعد إجهاد الخضوع كلما زادت الإنخلاعات تقل المطولية وتزداد strength

strength / Ductility

المقاومة strength

المطولية Ductility

before yield

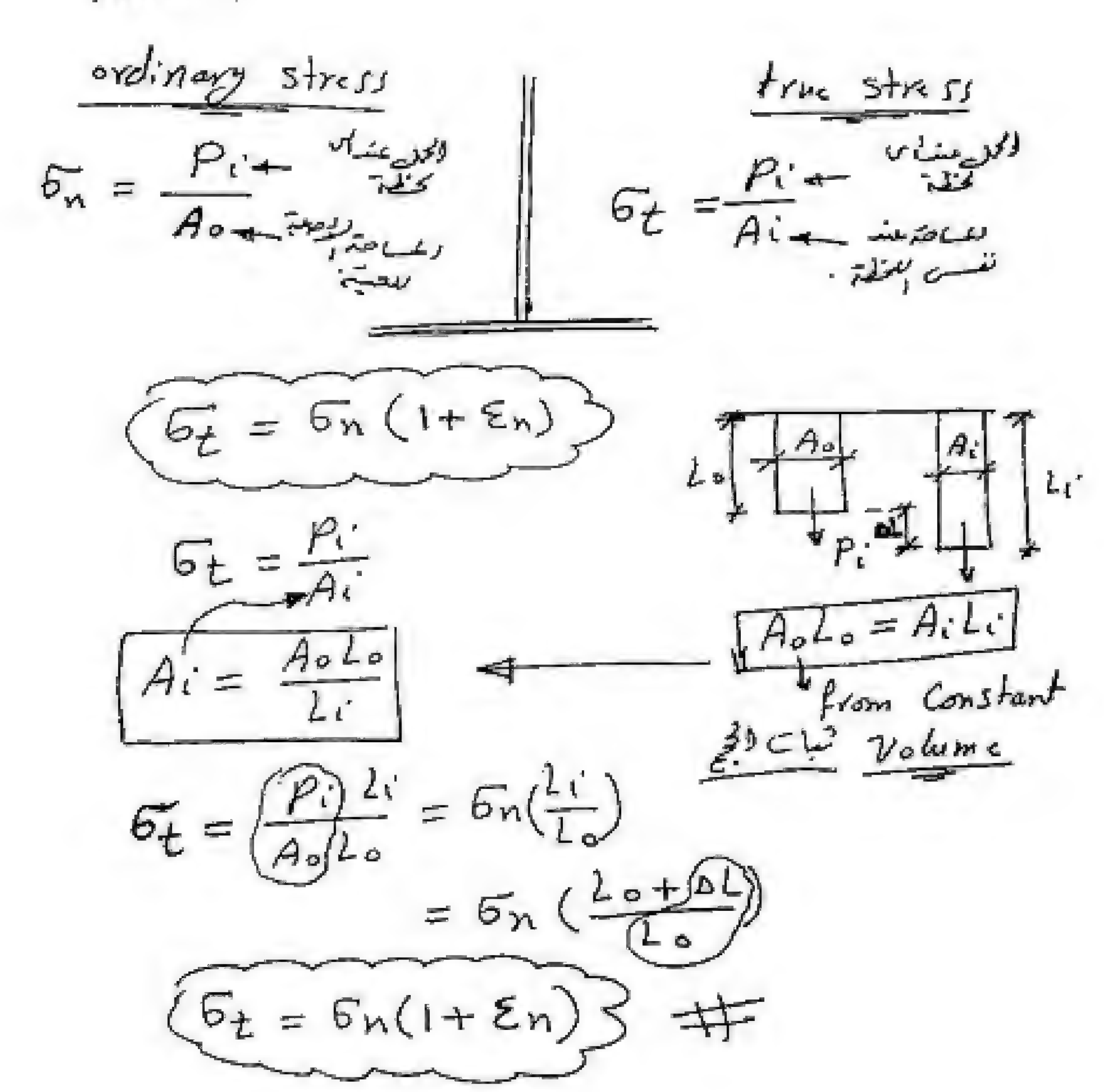
after yield

density of dislocation

كثافة الإنخلاعات

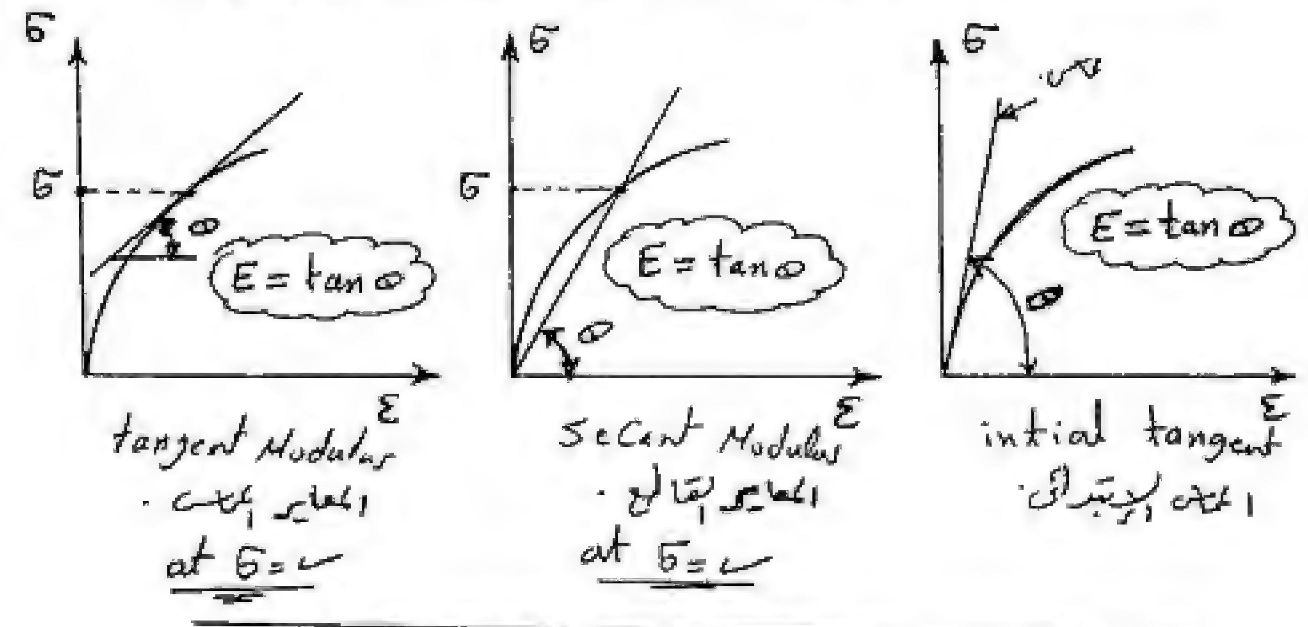
Question No (2)

a) what is the difference between ordinary stress and true stress, drive the relation between them?

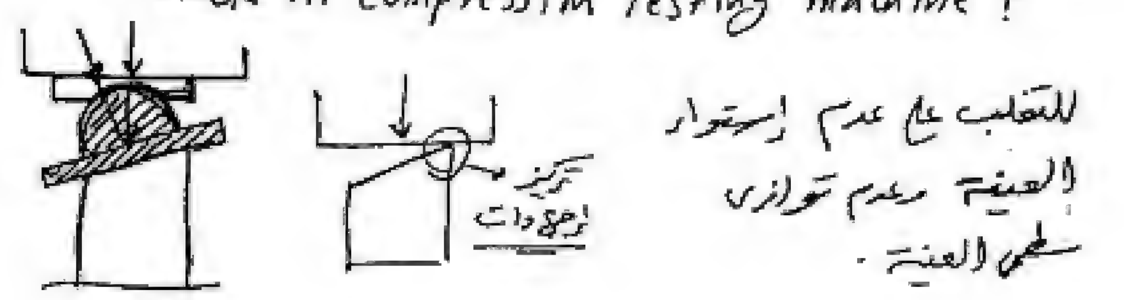


b) Explain the three methodes of estimating modulus of elasticity for material having non-linear (stress- strain) behavior.

ثلاث طرق لحساب (E) للمواد ذات (σ-ε) علاقة غير خطية.



c) What is the purpose of spherical seating block in Compression testing machine?



للتغلب على عدم إستواء العينة وعدم توازي سطحي العينة.

Question No: (3)

a) state the limitations of Compression test.

اذكر أوجه القصور في إختبار الضغط .

١- صعوبة التحميل بحمل محوري حقيقي .

٢- الإحتكاك بين سطح العينة وفكي الماكينة يؤدي إلى تكون شكل برميلي .

٣- الطبيعة الغير متزنة للإختبار

٤- للحصول على طبيعة متزنة لابد من إستخدام عينات ذات حجم كبير والتي تحتاج لماكينات ذات سعة كبيرة .

---

b) What are the properties measured from Cold bend test? Explain the four modes of failure under this test?

Cold bend test * الهدف من

١- حساب المطولية وحساب قابلية التشكيل على البارد.

* 4-mode of failure

1- failure in outer fiber due to tension stress
2- " " inner " " " compression stress
3- " at inclined plane due to shear stress
4- failure due to imperfections.

load

supports

d) tensile test $d = 20$ mm ،

Load (KN)	proportional limit	Maximum	Fracture
	65	115	100
Elongation (mm)	0.25	35	45

% elongation = 22.5 % ، A_f (عند الكسر) = 1.6 cm^2

find :-

i) Ductility.

$$\% \text{ elongation} = \frac{\Delta L_{max}}{L_o} * 100\% = 22.5\%$$

ii) the tensile strength

$$\sigma_{ult} = \frac{P_{ult\,max}}{A_o} = \frac{115}{\frac{\pi * (20)^2}{4}} = 0.366 \text{ KN/mm}^2$$

iii) the stiffness

$$E = \frac{\sigma_{p.L}}{\varepsilon_{p.L}} = \frac{65 / \frac{\pi * (20)^2}{4}}{0.25 / L_o}$$

from % elongation = 22.5% = $\frac{\Delta L_{max}}{L_o} * 100$

$$\Longrightarrow \frac{\Delta L_{max}}{L_o} = 0.225 \Longrightarrow L_o = \frac{45}{0.225} = 200 \text{ mm}$$

$$E = \frac{0.207}{0.25/200} = \frac{\overset{\sigma_{p.L}}{0.207}}{\underset{\varepsilon_{p.L}}{1.25 * 10^{-3}}} = 165.6 \ KN/mm^2$$

iv) True stress and true strain at fracture.

at fracture

$$\sigma_t = \frac{P_f}{A_f} = \frac{100}{1.6} = \underline{62.5 \ KN/cm^2}$$

$$\varepsilon_t = \ln \frac{A_o}{A_f} = \ln \frac{\frac{\pi * (2)^2}{4} (cm^2)}{1.6 (cm^2)} = \ln \frac{3.14}{1.6} =$$

$$\varepsilon_t = \underline{0.674}$$

V) Modulus of resilience.

$$M.o.R = \frac{1}{2} \sigma_{p.L} * \varepsilon_{p.L} = \frac{1}{2} * 0.207 * 1.25 * 10^{-3}$$

$$= \underline{0.13 * 10^{-3} \ KN/mm^2}$$

Vi) Explain the fracture behavior of tested material.

Cup and Cone failure

Due to shear stresses.

[illegible]

c) * 3-point bending

$L = 800\ mm$

* Cast iron of Circular Cross section
* Modulus of resilience = 0.02 $N \cdot mm/mm^3$
= 0.02 N/mm^2

Load (kN) P	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.5	11
δ (mm)	1	2	3	4.5	5.25	7	9	failure (9.43)

(proportional limit) P.L ← (at 4.5 kN, 3 mm)

10.5 → 9
11 → x
⟹ x = 9.43

i) Diameter of the beam

$$\text{Modulus of resilience} = \frac{\frac{1}{2} P_{p.L}\, \delta_{p.L}}{A * L}$$

$$0.02\ N/mm^2 = \frac{\frac{1}{2} * (4.5 * 10^3) * 3}{A * 800}$$

$$\Longrightarrow A = 421.87\ mm^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\Longrightarrow d = 23.2\ mm \quad \#$$

ii) Modulus of rupture

it's mean maximum bending strength

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}\, y}{I}$$

$$y = \frac{d}{2} = \frac{23.2}{2} = 11.6 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 14220.7 \text{ mm}^4$$

$$= \frac{2200 * 11.6}{14220.7}$$

$$M_{max} = \frac{P_{max} L}{4} = \frac{11 * 800}{4}$$

$$M_{max} = 2200 \text{ KN.mm}$$

$$\sigma_{max} = 1.79 \text{ KN/mm}^2$$ #

iii) Modulus of elasticity

$$E = \frac{PL^3}{48\,\delta I} = \frac{P_{p.l}}{\delta_{p.l}} * \frac{L^3}{48 I}$$

$$E = \frac{4.5}{3} * \frac{(800)^3}{48 * 14220.7} = 1.758 \text{ KN/mm}^2$$ #

iv) Elastic bending strength.

$$\sigma_{e.L\ (p.L)} = \frac{M_{p.L}\, y}{I} = \frac{\frac{P_{p.L} * L}{4} * y}{I}$$

$$\sigma_{e.L} = \frac{\frac{4.5 * 800}{4} * 11.6}{14220.7} = 0.734 \text{ KN/mm}^2$$ #

V) <u>Fracture shape of test specimen.</u>

Cast iron ⟶ <u>Brittle material.</u>

نتيجة العزم يحدث شد في
الجزء السفلي وضغط في الجزء
العلوي ويبدأ حدوث شرخ
ويحدث له نمو حتى يحدث الكسر.

crack Growth

نمو شرخ

crack

Zagazig University	MID TERM EXAM	1st Year Civil Engineering
Faculty of Engineering		Time allowed 1 1/2 hrs
Properties and testing of materials		Date 14-11-2007

Answer the following questions

Question#1

a) Explain why:-

1- Aluminum is a conductor while Al_2O_3 is an insulator.
2- FCC-metallic materials is more ductile than BCC-metallic materials.
3- Grain boundaries may be used to enhance the material's strength.
4- Plastic deformation of solid materials depends mainly on the nature of dislocation present in the material.
5- The calculated theoretical density of a material may be slightly higher than the value of its experimental density.

b) BCC-iron has an atomic radius of 0.124 nm. Sketch and calculate the linear densities of the [110] and [111].

c) On the same coordinate system, sketch and calculate the planar densities of $(10\bar{1})$ and (111) planes for FCC-copper (a = 0.362 nm).

Question#2

a) Define: Stiffness - Proof stress - Toughness

b) A tension test was carried out on a mild steel specimen of 20 mm diameter. The following data were recorded.

	Proportional limit	Maximum load	Failure load
Load, ton	6.28	10.99	9.42
Δl, mm	0.20	30.00	40.00

The elongation percentage was 20%. Find the following:

1- Ultimate tensile strength
2- The modulus of resilience
3- The modulus of elasticity
4- The fracture shape of test specimen

Question#3

a) Discuss the factors controlling the selection of the actual size of the compression test specimen.

b) A cast iron beam of circular cross-section simply supported over a span of 800mm was tested in bending under a central load. If the modulus of resilience of this material was 0.96 N/cm^2 and the loads versus deflection were as follows:

Load, kN	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.5	11
δ, mm	1.05	2.10	3.15	4.2	5.25	6.80	8.88	10

Calculate:

1- Diameter of the beam
2- The modulus of elasticity
3- The modulus of rupture
4- The modulus of toughness

Good Luck

Zagazig University
Faculty of Engineering
Materials Eng. Dept.

Properties and testing of materials
1st Year Civil Engineering
1st term 2007-2008 Time **3 hr**

FINAL TERM EXAM

Answer the following questions. Indicate units and use illustrative sketches wherever it is necessary. (الامتحان ستة أسئلة فى صفحتين)

Question # 1 [15 degree]

a) Define: Stiffness, Proof stress, Elasticity.

b) A long standard specimen of mild steel was tested in tension. Its diameter was 16 mm. The loads and corresponding extension were as follows:

Load, kN	24	48	45	52	60	70	72	68	60
ΔL, mm	0.06	0.12	1	3	8	18	26	30	32

Find :

1- Design stress if the factor of safety equals 3.
2- Ultimate tensile strength.
3- True stress and true strain at initial necking.
4- Ductility.
5- Modulus of rigidity if Poisson's ratio equals 0.3.
6- Modulus of toughness.
7- The fracture shape of the test specimen.

Question # 2 [15 degree]

a) Why barrel shape is formed during a compression test?
b) State the limitations of compression test.
c) State the factors affecting the results of the bending tests.
d) What is the property that measured from the cold bend test; explain the failure characteristics of test specimen under this test?

Question # 3 [15 degree]

a) State the limitations of Brinell hardness test.
b) Explain the effect of making indentation near the edge of specimen on BHN.
c) A torsion test was done on a mild steel rod specimen of **15 mm** diameter. The modulus of rigidity was **1.8 x10^5 kg/cm^2**. The relation between the applied torque and angle of twist θ was as follows:

T (ton. cm)	0	0.1	0.2	0.5	1.25	1.4	1.6	1.75	1.9	2
θ (Degree)	0	4	8	20	50	100	150	250	500	800

Find:

1- Stress at proportional limit.
2- Length of the rod.
3- Modulus of resilience.
4- Ultimate shear strength
5- Explain the fracture behavior of test specimen

من فضلك اقلب الصفحة

Question # 4 [15 degree]

a) Define brittle fracture, state the factors lead to this type of fracture.
b) Show the effect of temperature on the impact energy.
c) Define fatigue limit and explain the effect of mean stress on fatigue life:
d) A simply supported beam is struck at its mid-span by a weight **W = 10 kN** falling freely from a height **h =100 mm** above the top of the beam. The beam is 5 m span and of a circular cross-section **100 mm** in diameter. Take **E** = 2×10^5 **N/mm^2**. Determine the maximum deflection of the beam.

Question # 5 [15 degree]

a) **Give reason(s) for:-**
   1- High ductility of metallic materials.
   2- High strength of mild steel at **25°C** as compared to mild steel at **950°C**.
   3- Low ductility of metallic materials with fine grains.
   4- The climb motion of edge dislocation.
   5- High hardness of diamond relative to graphite.

b) Calculate the planar density (**atoms/cm^2**) in the **(111)** and **(110)** planes in **FCC** copper (**a = 0.362 nm**). Illustrate your answer with clear sketches.

c) Zirconium has an HCP crystal structure with atomic weight of **91.2** and a density of **6.51 g/cm^3**.
   1- What is the volume of its unit cell in cubic meters?
   2- If the c/a ratio is **1.593**, compute the values of c and a.

~~**Question# 6 [15 degree]**~~

a) What are the main differences between:-
   1) Plane stress and plane strain conditions.
   2) Tresca and von Mises yield criteria.
   3) Thermoplastics and thermosets.

b) Draw the stress-strain curve of thermoplastic materials showing their stages of failures.

c) What are the advantages and disadvantages of advanced composite materials?

d) أشرح أنواع الصخور معطيا أمثلة لكل نوع ومجال استخدام الحجارة الطبيعية في البناء والتشييد ؟
e) أكتب عن ظاهرة التزهير في الحوائط موضحا كيفية حدوثها وكيف يمكن تجنبها؟

scanner & modified & upload

by

Mahmoud Ashraf

contact info

titanic_ship1912@yahoo.com